# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

**TOME DEUX CENT-SEIZIÈME.**

JANVIER – JUIN **1943**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1943

# ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

### AU 1er JANVIER 1943

## SCIENCES MATHÉMATIQUES.

### Section Ire. — *Géométrie*.

MM.
HADAMARD (*Jacques*-Salomon), C. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-*Émile*), C. ✻, ✠.
CARTAN (*Élie*-Joseph), C. ✻.
JULIA (*Gaston*-Maurice), C. ✻, ✠.
MONTEL (*Paul*-Antoine), O. ✻.
DENJOY (*Arnaud*), O. ✻.

### Section II. — *Mécanique*.

DRACH (*Jules*), O. ✻,
JOUGUET (Jacques-Charles-*Émile*), C. ✻.
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻, ✠.
PÉRÈS (*Joseph*-Jean-Camille), ✻.
....................................

### Section III. — *Astronomie*.

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✻.
ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), O. ✻.
MAURAIN (*Charles*), C. ✻
FAYET (*Gaston*-Jules), ✻.
CHAZY (*Jean*-François), ✻, ✠.
LYOT (*Bernard*-Ferdinand).

### Section IV. — *Géographie et Navigation*.

BOURGEOIS (Joseph-Émile-*Robert*), G. C. ✻, ✠.
PERRIER (Antoine-François-Jacques-Justin-*Georges*), G. O. ✻, ✠.
TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✻, ✠.

MM.

DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✻, ✠, ✠.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✻.
MARTONNE (*Emmanuel*-Louis-Eugène DE), O. ✻.

### SECTION V. — *Physique générale.*

BRILLOUIN (Louis-*Marcel*), O. ✻.
COTTON (*Aimé*-Auguste), C. ✻.
FABRY (Marie-Paul-Auguste-*Charles*), C. ✻.
LANGEVIN (*Paul*), G. O. ✻.
..............................
..............................

## SCIENCES PHYSIQUES.

### SECTION VI. — *Chimie.*

BERTRAND (*Gabriel*-Émile), C. ✻.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), O. ✻.
LESPIEAU (Pierre-Léon-*Robert*), O. ✻.
LEBEAU (*Paul*-Marie-Alfred), O. ✻.
TIFFENEAU (*Marc*-Émile-Pierre-Adolphe), O. ✻.
..............................

### SECTION VII. — *Minéralogie.*

CAYEUX (*Lucien*), O. ✻.
JACOB (*Charles*-François-Étienne), O. ✻, ✠.
MAUGUIN (*Charles*-Victor), O. ✻.
GRANDJEAN (*François*-Alfred), O. ✻.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻.
..............................

### SECTION VIII. — *Botanique.*

DANGEARD (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✻.
MOLLIARD (*Marin*), C. ✻.
BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), O. ✻.
GUILLIERMOND (Marie-Antoine-*Alexandre*), ✻.
CHEVALIER (*Auguste*-Jean-Batiste), C. ✻.
COLIN (*Henri*-Ernest).

### SECTION IX. — *Économie rurale.*

MM.
LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✻, ✠.
FOSSE (*Richard*-Jules), ✻.
SCHRIBAUX (Pierre-*Émile*-Laurent), C. ✻.
MOUSSU (Auguste-Léopold, dit *Gustave*), O. ✻.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), O. ✻, ✠.

### SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (*Louis*-Eugène), C. ✻.
CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✻.
PÉREZ (*Charles*), O. ✻.
ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), O. ✻.
WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✻.
FAGE (*Louis*), ✻.

### SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. C. ✻.
ACHARD (Émile-*Charles*), C. ✻.
GOSSET (*Antonin*-Louis-Charles-Sébastien), G. O. ✻, ✠.
FAURE (*Jean-Louis*), C. ✻.
PORTIER (*Paul*), O. ✻.
BINET (*Léon*), O. ✻.

## SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), O. ✻, pour les Sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), G. O. ✻, pour les Sciences physiques.

## ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.
MARTIN (*Louis*), G. C. ✻.
GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻.
DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), ✻, ✠.
ROUSSY (*Gustave*), C. ✻.

MM.
JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻.
BETHENOD (*Joseph*-Frédéric-Julien), O. ✻.
....................................
....................................

## MEMBRES NON RÉSIDANTS.

CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), O. ✻, à Nancy.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, au Cap Dorat, par Lavaur (Tarn).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ✻, ✠, à Alger.
..............................
..............................

## APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

CHARPY (Augustin-*Georges*-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (*Louis*-Jean), G. C. ✻, à Bandol (Var).
CLAUDE (*Georges*), O. ✻, ✠, à Vouzon (Loir-et-Cher).
GUILLET (*Léon*-Alexandre), G. O, ✻, à Paris.
ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, à Boulogne-sur-Seine.
PORTEVIN (*Albert*-Marcel-Germain-René), O. ✻, à Paris.

## ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

MM.
BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ✻, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
ZEEMAN (*Pieter*), C. ✻, à Amsterdam.
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New Jersey).
FLEXNER (*Simon*), C. ✻, à New York.
MORGAN (*Thomas Hunt*), à Pasadena (Californie).
................................................
................................................
................................................
................................................
................................................

# CORRESPONDANTS.

## SCIENCES MATHÉMATIQUES.

### Section Ire. — *Géométrie* (10 + 1).

HILBERT (*David*), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
LARMOR (Sir *Joseph*), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago.
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Leningrad.
BIRKHOFF (*George* David), à Cambridge (Massachusetts).
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
FABRY (Charles-*Eugène*), ✻, à Saint-Cyr-sur-Mer (Var).
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, à Grenoble.
GIRAUD (*Georges*-Julien), à Bonny-sur-Loire (Loiret).

### Section II. — *Mécanique* (10).

ROY (*Louis*-Maurice), ✻, à Toulouse.
STODOLA (*Aurel*), à Zurich.
LOVE (*Augustus Edward Hough*), à Oxford.
HAAG (*Jules*), ✻, à Besançon.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), ✻, à Marseille.
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
THULOUP (Émile-Adrien-*Albert*), O. ✻, à Grasse (Alpes-Maritimes).
BOULIGAND (*Georges*-Louis), ✻, à Paris.
ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), ✻, à Paris.
TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).

### Section III. — *Astronomie* (10).

FOWLER (*Alfred*), à Londres.
SCHLESINGER (*Frank*), O. ✻, à New Haven (Connecticut).
ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
BOSLER (*Jean*), ✻, à Marseille.
BERGSTRAND (*Carl Östen* Emanuel), à Upsal.

MM.

HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**SECTION IV.** — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
BOWIE (*William*), à Washington.
RICHARD (*Jules*), O. ✻, à Monaco.
VANSSAY DE BLAVOUS (*Pierre*-Marie-Joseph-Félix-Antoine DE), C. ✻, ✠, à Monaco.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, ✠, à Tananarive.
KOCH (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
LEJAY (*Pierre*), ✠, à Paris.
MARGUET (*Frédéric*-Philippe), C. ✻, à Villeneuve-Loubet (Alpes-Maritimes).
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**SECTION V.** — *Physique générale* (10).

MILLIKAN (*Robert Andrews*), à Pasadena (Californie).
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford.
CABRERA (*Blas* Juan Jose Secundino), à Madrid.
BUISSON (*Henri*-Auguste), O. ✻, ✠, à Marseille.
CABANNES (*Jean*), ✻, ✠, à Paris.
BOHR (*Niels* Henrik David), O. ✻, à Copenhague.
HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ✻, à Leyde (Pays-Bas).
HULUBEI (*Horia*), O. ✻, à Bucarest.
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

## SCIENCES PHYSIQUES.

**SECTION VI.** — *Chimie* (10).

WALDEN (*Paul*), à Rostock (Allemagne).
RECOURA (*Albert*), O. ✻, à Grenoble.
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), ✻, à Paris.
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).

MM.
NICLOUX (*Maurice*), O. ✻, à Marseille.
DENIGÈS (*Georges*-Noël-Fort), O. ✻, à Bordeaux.
..........................................
..........................................
..........................................
..........................................

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), O. ✻, à Mathieu (Calvados).
LUGEON (*Maurice*), G. O. ✻, à Lausanne.
VERNADSKY (*Wladimir*), à Moscou.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), ✻, à Grenoble.
LERICHE (*Maurice*-Henri-Charles), ✻, à Uccle-Bruxelles.
LAPPARENT (Marie-*Jacques* COCHON DE), ✻, à Paris.
MRAZEC (*Ludovic*), C. ✻, à Bucarest.
FOURMARIER (*Paul* Frédéric Joseph), ✻, à Liége (Belgique).
BRAGG (*William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).
..............................................

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

LECLERC DU SABLON (Albert-*Mathieu*), ✻, à Vénéjan (Gard).
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.
IKENÔ (*Seiitirô*), à Tokyo.
PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri*-Alfred-Joseph), ✻, à Menton.
DEVAUX (*Henri*-Edgard), ✻, à Bordeaux.
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Long-Island (New-York).
MAIGE (Louis-*Albert*), O. ✻, à Lille.
HOUARD (*Clodomir*-Antony-Vincent), à Coulanges-sur-Yonne (Yonne).
DE WILDEMAN (*Émile* Auguste Joseph), à Bruxelles.
TEODORESCO (*Emmanuel* Constantin), à Bucarest.

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

IMBEAUX (Charles-*Édouard*-Augustin), O. ✻, à Hyères.
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Harpenden (Angleterre).
MARCHAL (*Émile*-Jules-Joseph), à Gembloux (Belgique).
VALLÉE (*Henri*-Pierre-Michel), C. ✻, à Dijon.
TSCHERMAK-SEYSENEGG (*Erich* von), à Vienne (Autriche).
WAKSMAN (*Selman* Abraham), à New Brunswick (New Jersey).
GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), O. ✻, à Paris.

MM.

GORINI (*Costantino*), à Milan.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**SECTION X.** — *Anatomie et Zoologie* (10).

BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Castelnau-le-Lez (Hérault).
LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, à Grenoble.
PELSENEER (*Paul*), O. ✻, à Bruxelles.
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Clermont-Ferrand.
GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève.
CHATTON (*Édouard*-Pierre-Léon), ✻, ✠, à Banyuls-sur-Mer.
PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✻, à Alger.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**SECTION XI.** — *Médecine et Chirurgie* (10).

YERSIN (*Alexandre*-John-Émile), G. O. ✻, à Nha-Trang (Annam).
WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), à Londres.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Ipswich (Angleterre).
FORGUE (*Émile*), C. ✻, à Paris.
CARREL (*Alexis*), C. ✻, à New York.
LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, à Lyon.
SABRAZÈS (*Jean*-Émile), O. ✻, à Bordeaux.
HOLMGREN (*Israël*), C. ✻, à Stockholm.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

# COMPTES RENDUS
## DES SÉANCES
# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

### SÉANCE DU LUNDI 4 JANVIER 1943.

PRÉSIDENCE DE M. ERNEST ESCLANGON, PUIS DE M. GABRIEL BERTRAND.

M. ERNEST ESCLANGON, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1942.

### *État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1943.*

*Comptes rendus des séances de l'Académie.* — Le tome 212 (1er semestre de l'année 1941), a paru avec ses Tables; le tome 213 (2e semestre de l'année 1941) paraîtra incessamment.

Les numéros du 1er semestre de l'année 1942 ont paru. Les matières des numéros du 2e semestre sont composées, mais les restrictions de papier en retardent le tirage, qui sera fait aussitôt qu'il sera possible. Le volume des Tables générales pour la période 1926-1940, *Auteurs*, est à l'impression.

*Mémoires de l'Académie.* — Le tome 65 est paru. Le tome 66 paraîtra prochainement.

*Notices et discours.* — Le tome 2 est en préparation.

*Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

*Annuaire de l'Académie.* — L'Annuaire pour 1943 est sur le point de paraître.

*Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences.* — Une nouvelle édition est en préparation.

### *Membres décédés depuis le 1er janvier 1942.*

*Section de Physique générale.* — M. **Jean Perrin**, dans la nuit du 16 au 17 avril, à New York.

*Section d'Anatomie et Zoologie.* — M. **Paul Marchal**, le 3 mars, à Paris.

*Associés étrangers.* — Sir **William Bragg**, le 12 mars.

### *Membres élus depuis le 1er janvier 1942.*

*Section de Géométrie.* — M. **Arnaud Denjoy**, le 15 juin, en remplacement de M. **Henri Lebesgue**, décédé.

*Section de Mécanique.* — M. **Joseph Pérès**, le 15 juin, en remplacement de M. **Léon Lecornu**, décédé.

*Section de Géographie et Navigation.* — M. **Emmanuel de Martonne**, le 27 octobre, en remplacement de M. **Eugène Fichot**, décédé.

*Section d'Anatomie et Zoologie.* — M. **Louis Fage**, le 27 octobre, en remplacement de M. **Paul Marchal**, décédé.

*Section de Médecine et Chirurgie.* — M. **Léon Binet**, le 3 novembre, en remplacement de M. **Arsène d'Arsonval**, décédé.

*Secrétaires perpétuels.* — M. **Louis de Broglie**, le 2 février, en remplacement de M. **Émile Picard**, décédé.

*Section des Académiciens libres.* — M. **Joseph Bethenod**, le 7 décembre, en remplacement de M. **Paul Séjourné**, décédé.

*Section des Applications de la Science à l'Industrie.* — M. **Albert Portevin**, le 7 décembre, en remplacement de M. **Maxime Laubeuf**, décédé.

### *Membres à remplacer.*

*Section de Mécanique.* — M. **Louis de Broglie**, élu Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques, le 2 février 1942.

*Section de Physique générale.* — M. **Édouard Branly**, mort à Paris, le 24 mars 1940;

M. **Jean Perrin**, mort à New York, dans la nuit du 16 au 17 avril 1942.

*Section de Chimie.* — M. **Auguste Béhal**, mort à Mennecy (Seine-et-Oise), le 2 février 1941.

*Section de Minéralogie.* — M. **Charles Barrois**, mort à Sainte-Geneviève-en-Caux, par Auffray (Seine-Inférieure), le 5 novembre 1939.

*Section des Académiciens libres.* — M. **Alexandre Desgrez**, mort à Mennecy (Seine-et-Oise), dans la nuit du 19 au 20 janvier 1940;

M. **Jules-Louis Breton**, mort à Bellevue (Seine-et-Oise), le 2 août 1940.

*Section des Membres non résidants.* — M. **Pierre Weiss**, mort à Lyon, le 24 octobre 1940;

M. **Paul Sabatier**, mort à Toulouse, le 14 août 1941.

*Associés étrangers.* — M. **Edmund Beecher Wilson**, mort à New York, le 3 mars 1939;

M. **Waldemar Christofer Brögger**, mort à Boekkelaget, près d'Oslo, le 17 février 1940;

M. **Vito Volterra**, mort à Rome, le 11 octobre 1940;

Sir **Joseph John Thomson**, mort le 30 août 1940;

M. **Tullio Levi-Civita**, mort à Rome, le 29 décembre 1941;

Sir **William Bragg**, mort le 12 mars 1942.

*Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1942.*

*Pour la Section d'Astronomie.* — M. **Edmond Rothé**, le 28 août, à Lezoux (Puy-de-Dôme).

*Pour la Section de Physique générale.* — M. **Émile Mathias**, le 7 mars, à Clermont-Ferrand;

M. **Charles-Eugène Guye**, le 15 juillet, à Genève.

*Pour la Section d'Économie rurale.* — M. **François-Xavier Lesbre**, le 26 janvier, à Lyon;

M. **Henri Lagatu**, le 31 janvier, à Montpellier.

*Pour la Section d'Anatomie et Zoologie.* — M. **Albert Vayssière**, le 13 janvier, à Marseille;

M. **Auguste Lameere**, le 6 mai, à Ixelles-lez-Bruxelles.

*Aucun Correspondant n'a été élu depuis le 1er janvier 1942.*

## *Correspondants à remplacer.*

*Pour la Section d'Astronomie.* — M. **Louis Fabry**, mort aux Lecques (Var), le 26 janvier 1939.

Sir **Frank Dyson**, mort en mer, au retour d'un voyage en Australie, le 25 mai 1939.

M. **Edmond Rothé**, mort à Lezoux (Puy-de Dôme), le 28 août 1942.

*Pour la Section de Géographie et Navigation.* — M. **Jules Schokalsky**, mort le 26 mars 1940.

*Pour la Section de Physique générale.* — M. **Émile Mathias**, mort à Clermont-Ferrand, le 7 mars 1942;

M. **Charles-Eugène Guye**, mort à Genève, le 15 juillet 1942.

*Pour la Section de Chimie.* — M. **Marcel Godchot**, mort à Montpellier, le 11 février 1939;

Sir **William Pope**, mort à Cambridge (Angleterre), 17 octobre 1939;

M. **Frédéric Swarts**, mort à Gand (Belgique), le 6 septembre 1940;

Sir **Robert Hadfield**, mort le 1er octobre 1940.

*Pour la Section de Minéralogie.* — M. **Giuseppe Cesàro**, mort à Comblain-au-Pont (Belgique), le 20 janvier 1939.

*Pour la Section d'Économie rurale.* — M. **François-Xavier Lesbre**, mort à Lyon, le 26 janvier 1942;

M. **Henri Lagatu**, mort à Montpellier, le 31 janvier 1942.

*Pour la Section d'Anatomie et Zoologie.* — M. **Thomas Hunt Morgan**, élu Associé étranger, le 20 juin 1938;

M. **Albert Vayssière**, mort à Marseille, le 13 janvier 1942;

M. **Auguste Lameere**, mort à Ixelles-lez-Bruxelles, le 6 mai 1942.

*Pour la Section de Médecine et Chirurgie.* — M. **Simon Flexner**, élu Associé étranger, le 22 février 1937;

M. **Giuseppe Sanarelli**, mort à Rome, le 6 avril 1940.

*Pour les Sections qui pourront être désignées par l'Académie :*

*A.* — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **Joseph Auclair**, mort à Saint-Léger-sur-Roanne, le 12 décembre 1936.

*B.* — Le Correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **Amé Pictet**, mort à Genève, le 11 mars 1937.

*C.* — Le Correspondant suivant pour la Section de Physique générale : M. **Camille Gutton**, élu Académicien libre, le 31 janvier 1938.

*D.* — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **John Alexander Low Waddell**, mort à New York, le 3 mars 1938.

*E.* — Le Correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **Lucien Daniel**, mort à Rennes, le 26 décembre 1940.

M. **Ernest Esclangon**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Messieurs,

Au seuil de la nouvelle année et au moment d'abandonner ce fauteuil à mon aimable et sympathique Confrère M. Gabriel Bertrand, vous voudrez bien permettre à votre Président actuel, Président pour quelques instants encore, d'exprimer à l'Académie et à ses Membres ses meilleurs vœux pour 1943.

L'année 1942, qui vient de s'achever, n'a été marquée par aucun fait dominant pour l'Académie qui a pu continuer à déployer son activité dans le calme et dans une parfaite sérénité.

Nous avons repris en 1942 les élections interrompues depuis le début de la guerre, et sept nouveaux Confrères sont ainsi venus prendre place parmi nous.

Nous avons élu aussi, en la personne de M. Louis de Broglie, un Secrétaire perpétuel qui, pendant de longues années, pourra prendre part à la vie intime de l'Académie, étudier et réaliser des projets sans hâte; il a du temps devant lui.

Seule la question des *Comptes rendus* laisse quelque peu à désirer, par le long intervalle, qui atteint maintenant six mois, entre la présentation des Notes et leur publication. C'est la pénurie de papier qui en est cause. Espérons des améliorations et formons le vœu que nous ne soyions pas un jour dans la nécessité de graver nos écrits sur des briques cuites ou des tablettes de pierre.

Nos vœux pour 1943 ? Que devons-nous souhaiter ?

Nous ne pouvons nous empêcher de jeter un regard en dehors de l'Académie et sur le monde où s'accumulent ravages et dévastations qui, par leur continuité et leur durée, conduisent à la lente destruction de l'Europe.

Il nous faut donc formuler le vœu que ce dramatique état de choses, unique dans l'Histoire et si profondément anormal pour l'Humanité, puisse prendre fin; que les hommes puissent retrouver, à bref délai, un état d'équilibre et de quiétude de longue durée, seuls éléments générateurs d'œuvres fécondes et de bonheur humain.

C'est sur ce vœu, exprimé avec ferveur, que je laisse maintenant la place à mon éminent successeur.

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. **Gabriel Bertrand** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Vous m'avez, à l'unanimité de vos suffrages, proposé aux fonctions de Vice-président pour l'année dernière et de Président pour cette année. C'est là un très grand honneur, un honneur que je trouverais même trop lourd à porter si je m'arrêtais à évoquer la liste des savants illustres qui m'ont précédé; mais je pense devoir interpréter plus simplement votre choix, je le considère

comme un témoignage de confiance et de sympathie. Ce témoignage me touche profondément et je vous en remercie de la façon la plus chaleureuse.

Pour arriver à remplir au mieux la tâche dont vous m'avez en même temps chargé, je compte m'inspirer des bons exemples laissés par ceux qui ont siégé à cette place et, surtout, en m'appuyant sur le concours éclairé de M. Alfred Lacroix et de M. Louis de Broglie. Connaissant leur bienveillance, je suis sûr de ce concours et je les en remercie d'avance.

MM. les Secrétaires perpétuels sont les véritables coordinateurs de notre Compagnie. Par leur science, leur activité, leur dévouement, leur affabilité, ils maintiennent et rendent facile l'observation des règlements; ils s'occupent de la correspondance, de la rédaction des procès-verbaux des séances, de la publication des Notes et des Mémoires scientifiques; ils veillent aux donations, aux récompenses et aux secours à distribuer; ils préparent et assurent la bonne exécution des actes administratifs et de presque toutes les manifestations de l'Académie. C'est grâce à leur vigilance qu'en dépit des nouvelles réglementations, de la raréfaction du papier etc., l'impression des travaux scientifiques, momentanément interrompue, a été reprise et aura bientôt, espérons-le, rattrapé son retard.

En inaugurant mes fonctions de président, je suis heureux de leur exprimer toute l'admiration et la reconnaissance que nous éprouvons à leur égard, particulièrement en cette période difficile.

Et tandis que MM. les Secrétaires perpétuels continuent, sans défaillance, à réaliser la plénitude de leurs devoirs, nous devons nous efforcer aussi de continuer à remplir les nôtres.

Ils sont nombreux et variés, ils diffèrent dans le détail pour chacun de nous, suivant la nature des travaux et la position dans l'organisme social, mais ils possèdent le caractère commun de contribuer au progrès général de la Science, plus précisément de toutes les branches de la Science qui sont cultivées dans les Sections de notre Académie.

Dans un cercle d'hommes, où les moins âgés atteignent presque la maturité d'esprit des anciens, où ceux-ci conservent si souvent l'enthousiasme et une grande partie de l'activité des plus jeunes, il ne saurait être question pour l'un d'eux de tracer une ligne de conduite à aucun de ceux qui l'écoutent; il s'agit plutôt que soit exprimées parfois, selon les circonstances, des idées qui existent dans le cœur de tous afin de resserrer davantage les liens qui les unissent.

C'est pourquoi je crois pouvoir dire ici que, malgré les raisons souveraines qui nous isolent momentanément d'une quantité d'autres chercheurs et restreignent nos moyens de travail, nous devons continuer de toutes nos forces à enrichir, par les résultats de notre travail, le trésor commun de la connaissance. Nous devons aussi, plus que jamais, encourager et aider ceux qui, hors de notre Compagnie, poursuivent des recherches scientifiques

désintéressées : pour cela réservons aux meilleurs les prix et les subventions dont nous sommes les dépositaires, efforçons-nous de choisir, en toute liberté, les plus distingués de ceux que des places vacantes appellent à désigner. Enfin, continuons d'éclairer les pouvoirs publics lorsque l'occasion s'en présente; ne ménageons pas non plus nos conseils aux personnes qui nous les demandent.

En face d'un cataclysme dont les remous s'étendent chaque jour davantage, qui menace la civilisation elle-même comme la tempête un navire, tout homme digne de ce nom doit, au lieu de perdre courage, remplir impérieusement son devoir, quel qu'il soit, jusqu'au bout. C'est le seul moyen de sauver ce qui peut être sauvé et de hâter, quand le moment sera venu, la reconstruction de l'édifice social. Pour notre part, nous savons ce que nous devons faire : ne rien perdre de notre activité et poursuivre nos travaux. Dès cette minute, mes chers Confrères, je vous y invite cordialement.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** adresse ampliation de l'arrêté, en date du 22 décembre 1942, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Joseph Bethenod** pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par la mort de M. *Paul Séjourné*.

Il est donné lecture de cet arrêté.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Joseph Bethenod** prend place parmi ses Confrères.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire du *Bureau des Longitudes* vacante par la mort de M. *Eugène Fichot*.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° François de Chasseloup-Laubat. *François Fresneau, Seigneur de la Gataudière, Père du caoutchouc* (Édition de luxe réservée aux « Amis de Colombes-Goodrich »).

2° Alexandre Dauvillier et Émile Desguin. *La genèse de la vie, phase de l'évolution géochimique* (présenté par M. M. Caullery).

3° JEAN-JACQUES BOUNHIOL. *Le déterminisme des métamorphoses chez les Amphibiens* (présenté par M. M. Caullery).

M. **HENRI PIÉRON** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur certaines applications arithmétiques de la théorie des résidus.* Note de M. **ANDRÉ ROUSSEL**.

Je me propose d'indiquer certaines applications de la théorie des fonctions de variables complexes à l'arithmétique qui, malgré l'extrême simplicité de leur point de départ, ne semblent pas avoir été indiquées. On peut rattacher de nombreux points de la théorie des nombres au schéma suivant : trouver combien de fois une fonction donnée $f(z)$, holomorphe dans une aire A limitée par un contour C, prend des valeurs entières dans A. Ce nombre $k$ est égal au nombre des racines intérieures à A de $F(z) = \sin \pi f(z)$.

D'après un théorème classique, on a

$$k = \frac{1}{2i\pi}\int_C \frac{F'(z)}{F(z)}\,dz = \frac{1}{2i}\int_C \operatorname{cotg}\pi f(z) f'(z)\,dz,$$

et l'intégrale figurant au second membre s'exprime par des intégrales curvilignes bien déterminées prises le long de C. L'obtention de nombreuses fonctions arithmétiques peut, théoriquement du moins, se rattacher à cette méthode. Appliquons-la par exemple à la recherche du nombre de diviseurs d'un entier donné $p$. Soit N un entier quelconque supérieur à 2. A tout entier $m$ associons un intervalle $(m-\alpha, m+\alpha)$ qui sera dit intervalle de sécurité relatif à $m$. Soit alors $p$ un entier quelconque inférieur à N. On peut prendre $\alpha$ assez petit pour que quand la variable $x$ varie à l'intérieur des intervalles de sécurité relatifs à tous les entiers allant de 2 à N, le quotient $p/x$ ne prenne pas de valeurs entières sauf quand $x$ devient égal à un diviseur de $p$ (1 exclu, $p$ compris). Des considérations élémentaires montrent qu'il suffit de prendre

$$\alpha \leqq \frac{1}{p}.$$

Soit alors un contour fermé C sans points doubles tracé dans le plan complexe, renfermant à son intérieur les intervalles de sécurité relatifs à tous les entiers de 2 à N, et ne renfermant pas d'autre portion de l'axe réel. Le nombre $k$ des diviseurs de $p$ est égal au nombre de racines de $\sin\pi(p/z)$ intérieures à C, et l'on aura donc

$$k = -\frac{p}{2i}\int_C \frac{1}{z^2}\operatorname{cotg}\frac{\pi p}{z}\,dz; \tag{1}$$

il est facile de choisir effectivement un tel contour C; par exemple il peut être

constitué par la courbe

$$y = \sin^2 \pi x - \sin^2 \pi \alpha \qquad (2 - \alpha \leqq x \leqq \mathrm{N} + \alpha),$$

puis par des parallèles aux axes complétant un contour fermé. L'intégrale figurant dans (1) se ramène à des intégrales réelles faciles à écrire, où $p$ figure comme paramètre, et qui gardent un sens quand $p$ cesse d'être entier. En particulier, *la condition nécessaire et suffisante pour que $p \leqq \mathrm{N}$ soit premier est que l'on ait*

$$k(p) - 1 = -\frac{p}{2i}\int_{\mathrm{C}} \frac{1}{z^2} \operatorname{cotg} \frac{\pi p}{z}\, dz - 1 = 0.$$

On peut d'ailleurs se débarrasser de la restriction $p \leqq \mathrm{N}$, en remplaçant ci-dessous N par $p$ et $\alpha$ par $1/p$, mais le contour C dépendra alors de $p$. En remarquant que $k$ est égal au nombre des racines réelles de

$$\mathrm{F}(z) = \sin^2 \pi z + \sin^2 \frac{\pi p}{z} = 0,$$

comprises entre 2 et $p$, on pourrait appliquer la remarque du début à $\mathrm{F}(z)$ en prenant pour C un rectangle facile à définir de façon à ne pas contenir à son intérieur de racines complexes de $\mathrm{F}(z)$. Dans le même ordre d'idées, on obtiendrait une condition nécessaire et suffisante pour que deux entiers $m$ et $n$ soient premiers entre eux, en écrivant par un procédé analogue, que l'équation

$$\sin^2 \pi z + \sin^2 \pi \left(\frac{m}{z}\right) + \sin^2 \pi \left(\frac{n}{z}\right) = 0$$

n'a pas de racine réelle (sauf un).

Signalons enfin que les formules établies par É. Picard, donnant le nombre de solutions d'un système d'équations dans un domaine donné, sont susceptibles d'applications arithmétiques analogues.

## GÉOMÉTRIE. — *Sphères associées au tétraèdre.*

Note de M. **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Un tétraèdre $\mathrm{T} \equiv \mathrm{ABCD}$ ($\mathrm{BC} = a$, $\mathrm{DA} = a'$, $\mathrm{CA} = b$, $\mathrm{DB} = b'$, $\mathrm{AB} = c$, $\mathrm{DC} = c'$), de centre de gravité G, est inscrit dans une sphère (O, R). On considère les sphères $(\omega, \rho)$, $(\omega', \rho')$, $(\omega'', \rho'')$, $(\omega''', \rho''')$ telles que les puissances des points A, B, C, D, par rapport à chacune d'elles, soient $(kl^2, km^2, kn^2, kp^2)$, $(km^2, kn^2, kp^2, kl^2)$, $(kn^2, kp^2, kl^2, km^2)$, $(kp^2, kl^2, km^2, kn^2)$, $l$, $m$, $n$, $p$ étant des longueurs données et $k$ un coefficient arbitraire. Nous dirons que les sphères $(\omega')$, $(\omega'')$, $(\omega''')$ sont *associées* de $(\omega, \rho)$.

Lorsque $k$ varie, les points $\omega$, $\omega'$, $\omega''$, $\omega'''$ décrivent chacun une droite passant par le centre O de (O, R) et par les points $\Omega$, $\Omega'$, $\Omega''$, $\Omega'''$ tels que l'on ait

$$\overline{\Omega\mathrm{A}}^2 + l^2 = \overline{\Omega\mathrm{B}}^2 + m^2 = \overline{\Omega\mathrm{C}}^2 + n^2 = \overline{\Omega\mathrm{D}}^2 + p^2,$$
$$\overline{\Omega'\mathrm{A}}^2 + m^2 = \overline{\Omega'\mathrm{B}}^2 + n^2 = \overline{\Omega'\mathrm{C}}^2 + p^2 = \overline{\Omega'\mathrm{D}}^2 + l^2, \qquad \ldots.$$

*Ces droites sont normales aux plans de coordonnées barycentriques* $(l^2, m^2, n^2, p^2)$, $(m^2, n^2, p^2, l^2)$, ..., *par rapport à* T. *Les points* $\omega$, $\omega'$, $\omega''$, $\omega'''$ *sont symétriques de* $\Omega$, $\Omega'$, $\Omega''$, $\Omega'''$ *par rapport à* O.

Comme

$$\overline{\omega A}^2 + \overline{\omega B}^2 + \overline{\omega C}^2 + \overline{\omega D}^2 = \overline{GA}^2 + \overline{GB}^2 + \overline{GC}^2 + \overline{GD}^2 + 4\overline{\omega G}^2,$$

on a

$$\overline{\omega G}^2 - \rho^2 = \frac{1}{4} k(l^2 + m^2 + n^2 + p^2) - \frac{1}{16}\sum(a^2 + a'^2) = \overline{\omega' G}^2 - \rho'^2 = \overline{\omega'' G}^2 - \rho''^2 = \overline{\omega''' G}^2 - \rho'''^2.$$

*La sphère orthogonale aux sphères* $(\omega, \rho)$, $(\omega', \rho')$, $(\omega'', \rho'')$, $(\omega''', \rho''')$ *a donc pour centre le centre* G *de gravité de* T *et pour carré du rayon*

$$\sigma^2 = \frac{1}{16}\left[4k(l^2 + m^2 + n^2 + p^2) - \sum(a^2 + a'^2)\right]. \tag{1}$$

Suivant que l'on a

$$k(l^2 + m^2 + n^2 + p^2) \gtreqless \frac{1}{4}\sum(a^2 + a'^2),$$

la sphère $(G, \sigma)$ est réelle, se réduit à son centre ou est imaginaire. Dans le premier cas, $(G, \sigma)$ *est le lieu des points dont la somme des carrés des distances aux sommets de* T *est égale à* $k(l^2 + m^2 + n^2 + p^2)$.

Si l'on intervertit deux des puissances dans la suite $(kl^2, km^2, kn^2, kp^2)$, on obtient quatre nouvelles sphères $(\omega_1)$, $(\omega_2)$, $(\omega_3)$, $(\omega_4)$ que nous appelons *semi-associées* de $(\omega, \rho)$.

*Les quatre sphères semi-associées ont pour centre radical le centre* G *de gravité de* T. *Les plans radicaux d'une sphère* $(\omega, \rho)$, *par rapport à ses semi-associées, passent par les médianes* AG, BG, CG, DG *de* T. *Une sphère* $(\omega, \rho)$ *quelconque, ses associées et toutes ses semi-associées, sont orthogonales à une même sphère* $(G, \sigma)$.

2. Dans l'hypothèse où $k = 1$, si $l^2 = 1/2\,(a^2 + b'^2 + c'^2)$, $m^2 = 1/2\,(a'^2 + b^2 + c'^2)$, $n^2 = 1/2\,(a'^2 + b'^2 + c^2)$, $p^2 = 1/2\,(a^2 + b^2 + c^2)$, $(\omega, \rho)$ est la *sphère de Longchamps* de T, dont le centre $\omega$ est symétrique du point $\Omega$ de *Monge*, par rapport au centre O de la sphère (O, R), et le carré du rayon (1)

$$\rho^2 = q R^2 - \frac{3}{4}(a^2 + a'^2 + b^2 + b'^2 + c^2 + c'^2).$$

Cette sphère, ses associées et leurs semi-associées sont orthogonales à la sphère $(G, \sigma)$ dont le carré du rayon a pour expression, en vertu de (1),

$$\sigma^2 = \frac{1}{36}(a^2 + a'^2 + b^2 + b'^2 + c^2 + c'^2).$$

*Dans le tétraèdre* T, $(G, \sigma)$ *coïncide avec la sphère de Monge de l'ellipsoïde de*

(1) Par analogie avec le *cercle de Longchamps* d'un triangle (*J. Math. Spéc. de G. de Longchamps,* 1886, pp. 57, ...); cf. V. THÉBAULT, *Mathesis,* 1932, pp. 223 à 228.

*Steiner circonscrit et constitue le lieu des points dont la somme des carrés des distances aux sommets est égale à la somme des carrés des arêtes.*

De ces considérations découlent des propriétés fondamentales du tétraèdre, que résume la proposition suivante :

THÉORÈME I. — *Dans un tétraèdre* T, *la sphère* (O, R) *circonscrite, la sphère* (ω, ρ) *de Longchamps, la sphère* (G, σ) *de Monge de l'ellipsoïde de Steiner circonscrit, la sphère* ($O_1$, 3R) *circonscrite au tétraèdre anticomplémentaire et la sphère* [Γ, 3/2 OG] *décrite sur le segment joignant le centre de gravité au point de Monge du tétraèdre anticomplémentaire, comme diamètre, appartiennent à un même faisceau.*

En effet, K étant le point où la droite OG perce le plan radical des sphères (O, R) et (ω, ρ), en vertu des expressions de OG, OK, GK, ρ, σ, en fonction des éléments de T, on obtient l'égalité

$$\overline{KO}^2 - R^2 = \overline{KO_1}^2 - qR^2 = \overline{K\omega}^2 - \rho^2 = \overline{K\Gamma}^2 - \left(\frac{3}{2}OG\right)^2 = \overline{KG}^2 - \sigma^2$$

des puissances du point K par rapport aux cinq sphères considérées.

Transformant cette configuration par l'homothétie [G, 1/3], le théorème précédent devient le suivant, qui étend au tétraèdre général des propositions relatives au triangle et au tétraèdre orthocentrique, dues à J. Griffiths [2] et à J. Wostenholme [3] :

THÉORÈME II. — *Dans un tétraèdre* T, *la sphère circonscrite, la sphère des douze points, la sphère décrite sur le segment joignant le centre de gravité au point de Monge, comme diamètre, la sphère de Monge de l'ellipsoïde de Steiner inscrit et la sphère de Longchamps du tétraèdre ayant pour sommets les barycentres des faces, appartiennent à un même faisceau.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur la réalisation des connexions euclidiennes ponctuelles à deux dimensions les plus générales.* Note de M. **Octave Galvani**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous savons que [1] la connexion euclidienne ponctuelle ($E'_2$) à deux dimensions *la plus générale* n'est pas réalisable par une congruence de droites de l'espace euclidien $E_3$ à trois dimensions. Pour la réaliser, nous allons considérer des congruences V *de plans* G *de l'espace euclidien* $E_4$ *à quatre dimensions.*

*Connexion induite sur* V. — Elle se définit exactement comme sur une con-

---

(2) *Nouvelles Annales,* 1864, p. 345, et 1865, p. 522.

(3) *Ibid.,* 1871, p. 452.

(1) *Comptes rendus,* 214, 1942, pp. 337 et 733.

gruence de droites (¹) de $E_3$. Soit $(R) = M\vec{e}_1\vec{e}_2\vec{e}_3\vec{e}_4$ le repère rectangulaire intrinsèque de V attaché à $G(M\vec{e}_3\vec{e}_4$ dans G), $\omega_i$, $\omega_{ij}$ ses composantes relatives $(i, j = 1, 2, 3, 4)$,

$$dM = \sum_i \omega_i \vec{e}_i; \qquad d\vec{e}_i = \sum_j \omega_{ij}\vec{e}_j.$$

La congruence des plans parallèles à un plan fixe forme dans $E_4$ un espace $\overline{E_2}$ analogue au plan euclidien. A tout plan G′ voisin de G dans V, nous associerons le plan $g'$ parallèle à G passant par l'origine M′ du repère intrinsèque attaché à G′ : c'est en quelque sorte faire, au voisinage de G, la carte de V sur le plan $\overline{E_2}$ passant par G.

En projetant $g'$ en $m'$ sur le plan P totalement perpendiculaire en M à G et non à G′, on arrive à la carte de V sur P, à tout plan G′ étant associés un *point* $m'$ et un repère $m'\vec{\varepsilon}_1\vec{\varepsilon}_2$ de composantes relatives $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_{12}$. Nous dirons que V réalise l'$E'_2$ dont la carte sur P serait la même, c'est-à-dire dont le repère $\overline{M}\vec{e}_1\vec{e}_2$ aurait pour composantes relatives

$$\text{(I)} \qquad \varpi_1 = \omega_1, \qquad \varpi_2 = \omega_2, \qquad \varpi_{12} = \omega_{12}.$$

On obtient *la même connexion* avec une famille de repères (R′) non intrinsèques pourvu que (R′) ait *la même origine* que (R). Car les plans $\vec{e}_1\vec{e}_2$ et $\vec{e}_3\vec{e}_4$ sont les mêmes dans les deux familles de repères, et par suite les relations entre les $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_{12}$ des deux familles sont les mêmes que dans une rotation d'axes du plan $\vec{e}_1\vec{e}_2$ : les connexions correspondantes ne diffèrent donc pas.

*Origine du repère intrinsèque.* — Le plan générateur G reste en général tangent à une hypersurface S en tout point P d'une conique Γ. On se limitera à des domaines de V où Γ a un centre à distance finie, et l'on prendra ce centre comme origine M de (R). Cela correspond aux relations nécessaires et suffisantes

$$\text{(II)} \qquad [\omega_{31}\omega_2] = [\omega_{32}\omega_1], \qquad [\omega_{41}\omega_2] = [\omega_{42}\omega_1].$$

La courbure R définie par $\omega'_{12} = R[\omega_1\omega_2]$ est la somme des inverses des carrés des demi-axes de Γ. Sur les V réalisant des espaces à parallélisme absolu, Γ est une hyperbole équilatère.

*Réalisation d'un $E'_2$ donné.* — Définissons (R) dans $E_4$ par les dix paramètres $z_1, z_2, \ldots, z_{10}$ du déplacement qui amène en (R) un repère de base $(R_0)$ arbitrairement choisi. Les composantes relatives de (R) sont alors des formes bien déterminées $\omega(z, dz)$.

Soient, dans l'$E'_2$ donné, $u_1$, $u_2$ les coordonnées d'un point $\overline{M}$. Les composantes $\varpi_1$, $\varpi_2$, $\varpi_{12}$ du repère $\overline{M}\vec{e}_1\vec{e}_2$ sont des formes données $\varpi(u, du)$.

Considérons le système différentiel $\Sigma_0$ obtenu en établissant entre les $\omega(z, dz)$ et les $\varpi(u, du)$ dont il vient d'être question les relations (I) et (II). Si les $z$ sont des fonctions de $u_1$, $u_2$ vérifiant $\Sigma_0$, le plan $M\vec{e}_3\vec{e}_4$ de (R) engendre une congruence V qui réalise $E'_2$.

On obtient un système différentiel fermé $\Sigma$, à dix fonctions inconnues $z$ de deux variables indépendantes $u_1$, $u_2$, en adjoignant à $\Sigma_0$ les équations résultant de la dérivation extérieure de (I), soit, en désignant par R, $T_1$, $T_2$ la courbure et la torsion de $E'_2$,

$$\text{(III)} \qquad \begin{cases} [\omega_3\ \omega_{3i}] + [\omega_4\ \omega_{4i}] = T_i[\varpi_1\varpi_2] & (i = 1, 2), \\ [\omega_{32}\omega_{31}] + [\omega_{42}\omega_{41}] = R[\varpi_1\varpi_2]. \end{cases}$$

Dans l'espace auxiliaire des $u$, $z$, on peut prendre $\varpi_1$, $\varpi_2$ et les $\omega$ (qui sont linéairement indépendants) comme paramètres directeurs d'une droite. L'élément linéaire intégral générique $\varepsilon$ n'introduit qu'une relation entre les $du$ (puisque, pour le former, on peut se donner arbitrairement $\varpi_1$, $\varpi_2$). On ramène alors $\varepsilon$ au type $\varepsilon_1$ pour lequel $\varpi_2 = 0$.

Par une méthode employée par M. É. Cartan dans la démonstration du théorème de Schlaefli ([2]), on trouve que par un tel $\varepsilon_1$ générique passent $\infty^2$ éléments intégraux à deux dimensions n'introduisant pas de relation entre les $du$. Il en résulte que $\Sigma$ *est en involution*. Compte tenu des rotations de $\vec{e}_3\vec{e}_4$ laissées arbitraires sur V, on arrive au résultat suivant :

*Un* $E'_2$ *donné est réalisable localement par une infinité de congruences* V *de plans de l'espace à quatre dimensions*. La solution générale dépend d'une fonction arbitraire de deux arguments.

*Correspondance entre ces variétés.* — Étant donné un élément G de V, il existe pour toute congruence $V^*$ réalisant le même $E'_2$ que V, un déplacement $D^*$ (dépendant de $V^*$) tel que l'homologue $G^*$ de G vienne en G, et les homologues $G'^*$ de $G'$ voisin de G viennent tous passer par un même point au second ordre près (par rapport à la distance MM' des origines des repères intrinsèques attachés à G, G').

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension du calcul des variations.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

La présente Note complète des résultats publiés dans deux Notes antérieures ([1]).

*Sous-différentielle d'une fonctionnelle* F. — Sur une variété analytique V

---

([2]) É. Cartan, *Annales Soc. Pol. Math.*, 6, 1927, pp. 1-7.

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 328; 214, 1942, p. 599. Conformément aux notations de ces Notes, les signes de sommation ont été partout omis.

à $n$ dimensions dont le point courant admet les coordonnées $x^\lambda$, considérons les courbes définies par la représentation paramétrique

$$x^\lambda = x^\lambda(v) \qquad (\lambda = 1, 2, \ldots, n), \tag{1}$$

les $x^\lambda(v)$ étant supposés continûment différentiables jusqu'au second ordre sur un intervalle $(a, b)$. Soit $y^\lambda(v)$ un système de $n$ fonctions définies et continûment différentiables jusqu'au second ordre sur l'intervalle $(u_0, u)$ intérieur à $(a, b)$ et qui s'annulent pour $v = u_0$. Si $\varepsilon$ désigne un nombre positif arbitrairement petit, nous donnerons dans la suite à $x^\lambda(v)$ l'accroissement

$$\delta x^\lambda(v) = \varepsilon y^\lambda(v), \tag{2}$$

et par suite à $\dot{x}(v) = dx^\lambda/dv$, l'accroissement

$$\delta \dot{x}^\lambda(v) = \varepsilon \dot{y}^\lambda(v). \tag{2'}$$

Nous appellerons *fonctionnelle* F *attachée à* (1) une fonctionnelle

$$F_{u_0}^u[x^\alpha(v), \dot{x}^\alpha(v)] \qquad (\alpha = 1, 2, \ldots, n),$$

satisfaisant aux conditions suivantes :

*a*. Pour toute valeur $u_0 \in (a, b)$, il existe un intervalle $(u_0, u_1)$ tel que, quand $u$ varie dans $(u_0, u_1) F_{u_0}^u$ définisse une fonction de $u$ intégrable et satisfasse aux conditions *b* et *c*.

*b*. Elle est dérivable pour la valeur $v \in (u_0, u)$ et admet les dérivées fonctionnelles $F'_\lambda[x^\alpha(v), \dot{x}^\alpha(v); v]$.

*c*. Pour les accroissements considérés, sa différentielle peut être mise sous la forme

$$\delta F = \int_{u_0}^{u} F'_\lambda[x^\alpha(v), \dot{x}^\alpha(v); v]\, \delta x^\lambda(v)\, dv + a_\lambda[x^\lambda(u), \dot{x}^\lambda(u)]\, \delta x^\lambda(u)$$

avec une partie exceptionnelle relative à la valeur $v = u$. Par suite si $\eta$ désigne le maximum pour $v \in (u_0, u_1)$ et, quel que soit $\lambda$ de $|\delta x^\lambda(v)|$, on a

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \frac{\Delta F - \delta F}{\eta} = 0.$$

Prenons pour intervalle $(u_0, u_1)$ *un intervalle moindre que* $\varepsilon$; il existe alors une constante $k$ telle que $\eta < k\varepsilon^2$. Posons

$$\delta_1 F = a_\lambda[x^\lambda(u), \dot{x}^\lambda(u)]\, \delta x^\lambda(u).$$

Si M désigne le maximum de $|F'_\lambda|$ pour $v \in (u_0, u_1)$ et quel que soit $\lambda$, il vient

$$\frac{|\Delta F - \delta_1 F|}{\eta} < n M \varepsilon. \tag{3}$$

et l'on a, dans ces conditions

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \frac{\Delta F - \delta_1 F}{\eta} = 0.$$

La partie exceptionnelle $\delta_1 F$ sera dite la *sous-différentielle* de la fonctionnelle F.

*Sous-variation d'une intégrale portant sur une fonctionnelle* F. — Considérons l'intégrale

$$I = \int_{u_0}^{u_1} F_{u_0}^{u}[x^{\alpha}(v), \dot{x}^{\alpha}(v)]\, du$$

et donnons aux $x^{\lambda}(v)$ les accroissements définis par (2) et (2′) où l'on suppose en outre $\delta x^{\lambda}(u_1) = 0$. Nous poserons

$$\delta_1 I = \int_{u_0}^{u_1} \delta_1 F\, du = \int_{u_0}^{u_1} a_{\lambda}[x^{\lambda}(u), \dot{x}^{\lambda}(u)]\, \delta x^{\lambda}(u)\, du.$$

De l'inégalité (3) on déduit par intégration

$$\frac{|\Delta I - \delta_1 I|}{\eta} < n M \varepsilon^2$$

et par suite

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \frac{\Delta I - \delta_1 I}{\varepsilon \eta} = 0.$$

$\delta_1 I$ sera dite la sous-variation première de l'intégrale I. Les lignes (C) définies par (1) pour lesquelles la sous-variation est identiquement nulle seront dites les extrémales associées à I.

Plus généralement considérons l'intégrale

$$J = \int_{u_0}^{u_1} \varphi[F_{u_0}^{u}, x^{\alpha}(u), \dot{x}^{\alpha}(u)]\, du,$$

où $\varphi$ est une fonction deux fois continûment différentiable de ses $(2n+1)$ arguments $F, x^{\alpha}, \dot{x}^{\alpha}$. Supposons que la fonction de $u$, $F_{u_0}^{u}$, admette une dérivée en $u$ et tende vers zéro quand $u$ tend vers $u_0$ ; nous poserons

$$\delta_1 J = \int_{u_0}^{u_1} \left[ \frac{\partial \varphi}{\partial F}(0) a_{\lambda} + \frac{\partial \varphi}{\partial x^{\lambda}}(0) - \frac{d}{du} \frac{\partial \varphi}{\partial \dot{x}^{\lambda}}(0) - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \dot{x}^{\lambda} \partial F}(0) \frac{dF}{du} \right] \delta x^{\lambda}(u)\, du,$$

où l'argument des dérivées de $\varphi$ est la valeur de F. On montre aisément qu'il existe une constante $M_1$ telle que

$$\frac{|\Delta J - \delta_1 J|}{\varepsilon \eta} < M_1 \varepsilon.$$

$\delta_1 J$ est dite encore la sous-variation de J.

*Applications*. — Pour $\varphi = \exp F . L(x^{\alpha}, \dot{x}^{\alpha})$, $F = \int_{u_0}^{u} \omega(x^{\alpha}, \dot{x}^{\alpha})\, du$, L et $\omega$ étant homogènes et du premier degré en $\dot{x}^{\alpha}$, on obtient les expressions de notre seconde Note. Je signale qu'une erreur matérielle entache les équations de cette Note, qui doivent être lues

$$\frac{d}{du} \frac{\partial L}{\partial \dot{x}^{\lambda}} - \frac{\partial L}{\partial x^{\lambda}} = L \frac{\partial \omega}{\partial \dot{x}^{\lambda}} - \omega \frac{\partial L}{\partial \dot{x}^{\lambda}},$$

où $\omega$ peut désigner une fonction homogène du premier degré quelconque et

non seulement une forme linéaire. Il me reste à montrer qu'à toute intégrale telle que J on peut faire correspondre d'une manière intrinsèque *un espace variationnel généralisé.*

STATIQUE. — *Calcul des lignes caténaires inclinées.*
Note de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

Les équations d'équilibre des lignes caténaires inclinées s'obtiennent sans difficulté moyennant l'hypothèse simplificatrice, de la confusion, dans chaque portée de la grandeur de l'abscisse avec la longueur de l'arc du fil de contact ou de la projection horizontale du câble porteur. En appelant :

Z, Y, $x$, les coordonnées d'un point du câble porteur;
O, $y$, $x$, les coordonnées d'un point du fil de contact horizontal;
P, $p$, les poids par unité de longueur du porteur (P) et du fil de contact ($p$), le poids des pendules et des attaches étant réparti entre P et $p$;
T, $t$, les tensions du câble porteur (T) et du fil de contact ($t$);
$\varphi$, l'inclinaison des pendules sur l'horizon;
$u = y - \mathrm{Y}$ et $v = \mathrm{Z}$, les projections horizontales et verticales des pendules,

on a

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{\mathrm{Z}}{u}, \tag{1}$$

$$\mathrm{T}\frac{d^2 v}{dx^2} = \mathrm{P} + p, \tag{2}$$

$$\mathrm{T}\frac{d^2 \mathrm{Y}}{dx^2} + t\frac{d^2 y}{dx^2} = 0, \tag{3}$$

$$v = v_0 + \frac{\mathrm{P}+p}{2\mathrm{T}}x^2, \tag{4}$$

$$u = \frac{d^2 u}{dx^2}\,\frac{\mathrm{T}t}{p(\mathrm{T}+t)}\left[\frac{\mathrm{P}+p}{2\mathrm{T}}x^2 + v_0\right]. \tag{5}$$

Posant $x = \lambda\xi$, on peut mettre l'équation (5) sous la forme

$$(1+\mu\xi^2)\frac{d^2 u}{d\xi^2} = u \quad \text{en prenant} \quad \lambda = \sqrt{\frac{\mathrm{T}t v_0}{p(\mathrm{T}+t)}}, \tag{6}$$

$$\mu(1+\xi^2)\frac{d^2 u}{d\xi^2} = u \quad \text{en prenant} \quad \lambda = \sqrt{\frac{2\mathrm{T}v_0}{\mathrm{P}+p}}, \tag{7}$$

$\mu$, paramètre caractéristique de la caténaire $\mu = (1/2)(\mathrm{P}+p/\mathrm{T}+t)(t/p)$.

Avec les valeurs adoptées en Amérique et en France pour les poids et les tensions, $\mu$ a une valeur comprise entre 0,35 et 0,45.

Pour résoudre complètement le problème, en partant par exemple de la forme (6), il faut dresser des tables de deux fonctions U et S solutions particulières de (6), l'une paire, l'autre impaire, dans un domaine de $\xi$ compris entre 0 et 3, la portée maximum de 60[m] correspondant, dans le cas pratique le plus défavorable, à $\xi = 3$.

En dressant également des tables des fonctions $dU/d\xi$ et $dS/d\xi$ dans le même domaine, on pourra calculer l'angle de deux portées successives de manière qu'au point de raccordement des portées, les courbes *fil de contact* aient même tangente.

Les tables des fonctions U, U', S, S' peuvent être dressées par application d'une méthode de calcul par arcs successifs particulièrement simple qui sera exposée ultérieurement.

Les calculs de caténaires, pratiquement faits en France, jusqu'à présent, correspondent à la valeur $\mu = 0,5$, pour laquelle les fonctions U et U' se réduisent à des polynomes : ils ne peuvent donner de résultats corrects pour des caténaires de paramètre caractéristique de valeur différente de celle-là.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'échauffement des ailes supersoniques.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

Sans aborder ici le problème de la propulsion d'ailes d'avions à des vitesses supersoniques, nous envisagerons seulement les difficultés liées aux phénomènes thermiques qu'elle provoque. Nous emploierons le langage plus commode qui se réfère à des axes attachés à l'avion, par rapport auxquels l'écoulement est permanent lorsque la vitesse $u_0$ de l'avion reste constante.

En un point où la vitesse d'écoulement est devenue $u = \theta . u_0$, si l'écoulement a été adiabatique jusque-là, la température, égale à $T_0$ dans la région non perturbée, est devenue $T = T_0 + (u_0^2 - u^2)/2C$. L'échauffement (négatif pour $u > u_0$) est donc

$$(1) \qquad T - T_0 = \frac{u_0^2}{2C}(1 - \theta^2) = \frac{\alpha^2 \gamma R T_0}{2C}(1 - \theta^2) = 0,2\alpha^2 T_0 (1 - \theta^2),$$

en appelant $\alpha$ le rapport $\alpha = (u_0/a_0)$ de la vitesse d'écoulement à la célérité du son, dans la région non perturbée.

Pour $T_0 = 223°$, valeur approximative dans la stratosphère, l'arrêt adiabatique total ($\theta = 0$) donnerait donc un échauffement de 178° pour $\alpha = 2$, et de 401° pour $\alpha = 3$, conduisant à des températures centigrades de 128° et 351°, qui paraissent fort inquiétantes lorsque l'on songe que la couche d'air qui vient au contact des surfaces de l'aile y subit un arrêt total par frottement.

Mais cet arrêt est fort loin d'être adiabatique, justement à cause de la chaleur cédée aux ailes elles-mêmes. Dans les conditions de rayonnement intense réalisées dans la stratosphère, les ailes n'auront pas besoin d'un grand excès de température pour évacuer une puissance équivalente à celle qu'apportent les masses d'air qui subissent un arrêt total ou quasi total.

Bien que ces masses d'air soient fort difficiles à évaluer, des estimations grossières d'ordre de grandeur semblent indiquer que, même pour $\alpha = 3$, cette puissance reste petite auprès de celle qu'apporte le rayonnement solaire.

Le danger à craindre est plutôt que, au voisinage de l'avion, des masses d'air importantes, subissant des ralentissements relatifs considérables, se trouvent portées à des températures assez élevées pour que leur rayonnement devienne gênant ou dangereux.

Ces ralentissements très accentués (valeurs très petites de $\theta$) ne peuvent guère se produire, en fait, que dans les ondes de choc.

Si l'aile a un bord d'attaque convexe, comme les ailes subsoniques actuelles, l'onde de choc cylindrique a une section droite en forme de croissant, dont la normale fait, avec la direction de $u_0$, un angle $\varphi$ variable depuis zéro (dans la région centrale) jusqu'à la valeur $\Phi$ caractéristique de l'onde de Mach (où la discontinuité devient nulle, et qui prolonge l'onde de choc à ses deux extrémités avec l'obliquité $\cos\Phi = 1/\alpha$).

On peut admettre que la discontinuité est, en chaque endroit, approximativement celle que l'on obtiendrait dans une onde plane oblique de même obliquité $\varphi$. Si l'on appelle alors $u'_0$ la vitesse d'écoulement après la traversée de l'onde, et $\varphi'$ l'angle qu'elle fait avec la normale à l'onde, on établit facilement les deux relations

$$u_0 \sin\varphi = u'_0 \sin\varphi' \tag{2}$$

et

$$u_0 \cos\varphi \, u'_0 \cos\varphi' + \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1} u_0^2 \sin^2\varphi = \frac{C}{3}(1 + 0,2\,\alpha^2)\,T_0. \tag{3}$$

On en tire, en posant $u'_0/u_0 = \theta$ et en éliminant $\varphi'$,

$$\theta^2 = \left(\frac{5}{6}\,\frac{1 + 0,2\,\alpha^2}{\alpha^2 \cos\varphi} - \frac{1}{6}\,\frac{\sin^2\varphi}{\cos\varphi}\right)^2 + \sin^2\varphi, \tag{4}$$

qui permet de calculer l'échauffement $T - T_0$ par la relation (1).

Le tableau ci-dessous donne, pour $\alpha = 2$ et pour $\alpha = 3$, en fonction de l'obliquité $\varphi$, les valeurs de l'échauffement relatif $(T - T_0)/T_0$ et de la température centigrade $t = T - 273$, où cela conduit dans l'hypothèse $T_0 = 223°K$. On y a ajouté les valeurs de la déviation $(\varphi' - \varphi)$ des lignes du courant.

| | $t$, | 0°. | 15°. | 30°. | 45°. | 60°. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha = 2$ | $(T - T_0)/T_0$ | 0,6875 | 0,6329 | 0,4815 | 0,2639 | 0,0000 |
| | $t$ | 103 | 91 | 58 | 9 | −50 |
| | $(\varphi' - \varphi)$ | 0° | 19°30′ | 22°25′ | 14°45′ | 0° |
| $\alpha = 3$ | $(T - T_0)/T_0$ | 1,6790 | 1,5607 | 1,2364 | 0,7886 | 0,3202 |
| | $t$ | 324 | 298 | 225 | 127 | 22 |
| | $(\varphi' - \varphi)$ | 0° | 30°13′ | 33°19′ | 25°37′ | 12°46′ |

Si le bord d'attaque est un dièdre, et si chacun de ses plans fait, avec le plan parallèle à $u_0$ mené par l'arête du dièdre, un angle plus faible que le maximum de $(\varphi' - \varphi)$ mis en évidence, pour chaque valeur de $\alpha$, par le tableau ci-dessus, l'onde de choc n'aura plus de région orthogonale ni quasi ortho-

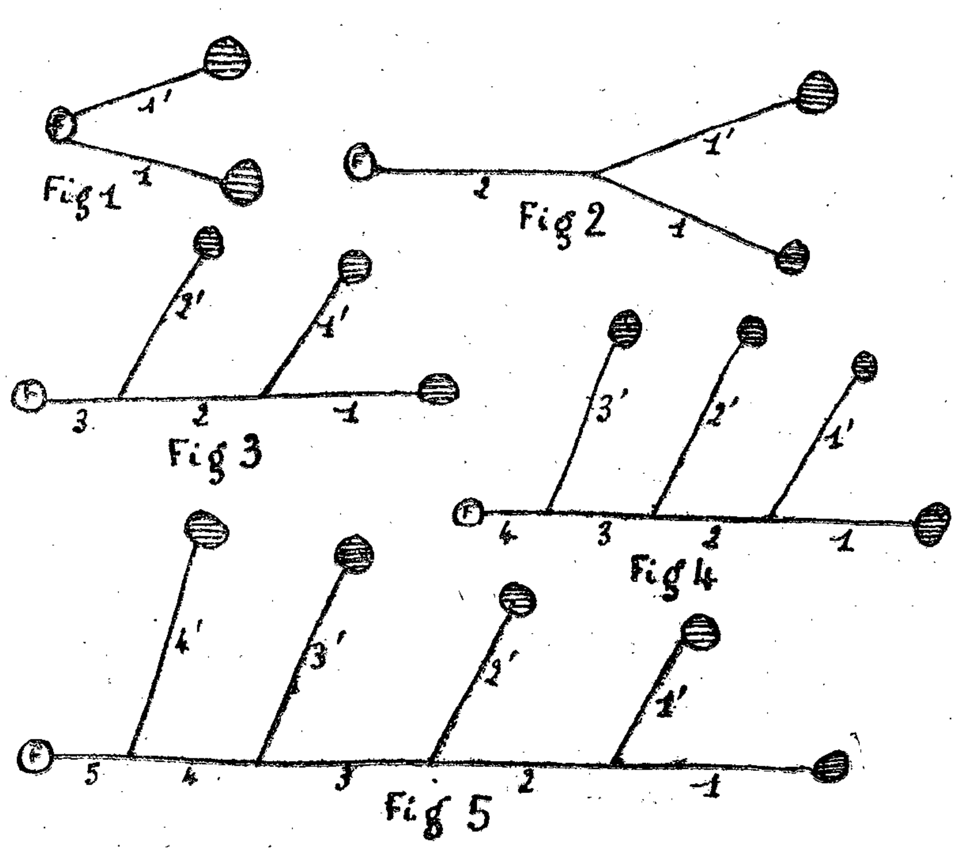
gonale. Elle sera constituée par deux ondes obliques, partant de l'arête, qui s'incurvent ensuite pour se continuer par l'onde de Mach. Les échauffements seront beaucoup plus faibles.

Enfin il semble que l'on puisse, par un bord d'attaque en lame de rasoir, supprimer l'onde de choc, ou au moins la réduire à une petite région de l'enveloppe des perturbations émises par la surface concave, avec de très faibles discontinuités, donc sans échauffements considérables.

HYDRAULIQUE. — *Calcul des chambres d'équilibre avec système d'amenée complexe en tenant compte des pertes de charge.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans des Notes précédentes, nous avons étudié (¹) des systèmes d'amenée complexes, captant les eaux de plusieurs lacs, dans lesquels les niveaux sont à la même cote, et nous avons montré comment on peut, en négligeant les pertes de charge, substituer à l'ensemble complexe considéré, un canal équivalent unique, de section arbitraire, dont la longueur peut être calculée, en fonction de celle-ci, au moyen des formules que nous avons établies.

La présente Note a pour but d'indiquer comment il convient, à notre avis, de tenir compte, en pratique, de la perte de charge existant dans les canaux




d'amenée, pour le calcul de ces ouvrages complexes. Nous admettons la proportionnalité des pertes de charge au carré de la vitesse.

Prenons d'abord le cas de la figure 1 : les pertes de charge $\xi_1 = K_1 q_1^2$ et $\xi'_1 = K'_1 q_1'^2$, dans les deux canaux considérés, et $\xi = K_{1,1'e}(q_1 + q_2)^2$ dans le

(¹) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 000.

canal équivalent, au point de vue des pertes d'énergie, étant égales, on en déduit immédiatement la valeur de $K_{11'e}$

$$K_{11'e} = \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_1}} + \frac{1}{\sqrt{K_1}}\right]^2}.$$

Si l'on passe alors au cas de la figure 2, dans laquelle la perte de charge dans le tronçon 2 est $\xi_2 = K_2 q_2^2$ avec $q_2 = q_1 + q'_1$, on voit que le canal équivalent à l'ensemble du canal 2 et des canaux en amont a un coefficient de perte de charge $K_{2e}$ tel que

$$K_{2e} = K_2 + K_{11'e} = K_2 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_1}} + \frac{1}{\sqrt{K_1}}\right]^2}.$$

Pour le système de la figure 3, on a

$$K_{3e} = K_3 + K_{22'e} = K_3 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_2}} + \frac{1}{\sqrt{K_{2e}}}\right]^2}$$

ou

$$K_{3e} = K_3 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_2}} + \frac{1}{\sqrt{K_2 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_1}} + \frac{1}{\sqrt{K_1}}\right]^2}}}\right]^2}.$$

On en déduirait, dans le cas de la figure 4,

$$K_{4e} = K_4 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_3}} + \frac{1}{\sqrt{K_3 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_2}} + \frac{1}{\sqrt{K'_2 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_1}} + \frac{1}{\sqrt{K_1}}\right]^2}}}\right]^2}}}\right]^2}.$$

et, pour la figure 5,

$$K_{5e} = K_5 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_4}} + \frac{1}{\sqrt{K_4 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_3}} + \frac{1}{\sqrt{K_3 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_2}} + \frac{1}{\sqrt{K_2 + \frac{1}{\left[\frac{1}{\sqrt{K'_1}} + \frac{1}{\sqrt{K_1}}\right]^2}}}\right]^2}}}\right]^2}}}\right]^2}.$$

et ainsi de suite, pour un nombre quelconque de lacs.

Les formules précédentes permettent donc d'évaluer, à partir des caracté-

ristiques des divers canaux d'amenée, le coefficient de proportionnalité de la perte de charge au carré du débit total, à adopter pour le canal d'amenée unique équivalent. La section et la longueur de celui-ci étant déterminées, d'autre part, comme il a été indiqué dans les précédentes Notes, le canal de l'ensemble complexe considéré est ramené à celui d'un canal d'amenée unique, à section constante, de longueur et de coefficient de perte de charge connus.

PHYSIQUE. — *Détermination, par la* condition de moindre imprécision, *d'une formule dépendant linéairement de paramètres, destinée à la représentation d'une courbe expérimentale.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons [1] introduit la *condition de moindre imprécision* pour déterminer les coefficients d'une formule représentative d'une courbe expérimentale et nous avons montré l'exécution du calcul lorsque les coefficients figuraient linéairement dans la formule. Cette procédure répond bien à ce qu'on cherche, si l'un au moins des coefficients en question est une *grandeur physique* G (conductibilité....), pour la détermination de laquelle on avait institué l'expérience dont les résultats ont été mis en courbe : on veut en effet que, eu égard à l'imprécision $\delta y_i$ des mesures, le calcul de G soit le plus sûr possible, c'est-à-dire soit entaché de la plus petite imprécision possible.

Si la grandeur se déduisait des coefficients A, B, C de la formule représentative, par une combinaison $\varphi(A, B, C)$, on éliminerait C, par exemple, entre les équations

$$y = f(x, A, B, C) \quad \text{et} \quad G = \varphi(A, B, C),$$

pour former une équation $y = g(x, A, B, G)$, et l'on serait ramené au problème précédent.

Mais, si l'expérience a été faite en vue du tracé d'une *courbe* qui serait justement le document physique cherché, que l'on voudra dériver..., sans qu'on attache une importance particulière à l'un des paramètres, la procédure indiquée ne se justifie plus : c'est la courbe $y$ elle-même qui doit être la plus sûre possible, et il faut qu'à un $\delta y_i$ donné corresponde un $|\delta_i y|$ aussi petit que possible, quelle que soit l'abscisse. Le plus grand coefficient d'un $\delta y_i$ dans $\delta y$ doit être, quel que soit $x$, aussi petit que possible en valeur absolue. La différence peut être considérable avec la méthode précédente.

Soit le cas d'une fonction représentative linéaire ($Ax + B$), les abscisses étant équidistantes d'une unité, l'intervalle expérimental étant d'abord $(-N, +N)$ (ordonnées en nombre *impair*). On cherche les coefficients A et B sous la

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 568.

forme

$$A = a_1(y_1 - y_{2N+1}) + a_2(y_2 - y_{2N}) + \ldots + a_N(y_N - y_{N+2}),$$
$$B = b_1(y_1 + y_{2N+1}) + b_2(y_2 + y_{2N}) + \ldots + b_N(y_N + y_{N+2}) + b_{N+1}y_{N+1}.$$

L'expression $(Ax + B)$ se met ainsi sous la forme $\Sigma(ax + b)y$, et il faut assurer à $(ax + b)$ la plus petite valeur absolue. Or, c'est aux *extrémités* de l'intervalle que $(ax + b)$ prend ses valeurs extrêmes, et par suite la plus grande valeur de $|ax + b|$ est, soit $|b - aN|$, soit $|b + aN|$. Posant

$$b_i - a_i N = p_i, \qquad b_i + a_i N = q_i, \qquad b_{N+1} = q_{N+1},$$

les équations de condition données antérieurement (*loc. cit.*) pour A et B s'écrivent

$$Np_1 + (N - 1)p_2 + \ldots + p_N - q_N - \ldots - (N - 1)q_2 - Nq_1 = N,$$
$$p_1 + p_1 + \ldots + p_N + p_{N+1} + q_N + \ldots + q_2 + q_1 = 1.$$

On veut que les quantités $p$ et $q$ soient aussi petites que possible en valeur absolue.

Ce système se résout en donnant à tous les $p_i$, et aux $q_i$ de $q_{N+1}$ jusqu'à $q_{N-m+2}$ inclusivement, une valeur positive commune M, à $q_{N-m+1}$, une valeur R, et aux autres $q_i$, la valeur $-$ M.

M et R sont donnés par les équations

$$[N(N + 1) + m^2]M = N + m,$$
$$[N(N + 1) + m^2]R = N(N + 1) - m(2nN + m),$$

$m$ étant déterminé par la condition $|R| \leqq M$.

Si le nombre des ordonnées est pair et égal à $2N$, l'intervalle expérimental étant cette fois $(-N + 0,5,\ N - 0,5)$, on écrira

$$A = a_1(y_1 - y_{2N}) + a_2(y_2 - y_{2N-1}) + \ldots + a_N(y_N - y_{N+1}),$$
$$B = b_1(y_1 + y_{2N}) + b_2(y_2 + y_{2N-1}) + \ldots + b_N(y_N + y_{N+1}),$$
$$b_i - (N - 0,5)a_i = p_i, \qquad b_i + (N - 0,5)a_i = q_i.$$

Les équations de condition deviennent

$$(2N-1)p_1 + (2N-3)p_2 + \ldots + 3p_{N-1} + p_N - q_N - 3q_{N-1} - \ldots - (2N-3)q_2 - (2N-1)q_1 = 2N-1,$$
$$p_1 + p_2 + \ldots + p_N + q_N + \ldots + q_2 + q_1 = 1.$$

On résout comme ci-dessus, $q_{N-m}$, cette fois, ayant la valeur R, et $m$ étant déterminé comme on l'a dit :

$$(N^2 + m^2 + m)M = N + m,$$
$$(N^2 + m^2 + m)R = N(N - 1) - m(2N + m).$$

$m$ est, dans tous les cas, voisin de $N(\sqrt{2} - 1)$, et le plus grand coefficient de $y_i$ reste voisin, au plus, de $(\sqrt{2} + 1) : 2N$.

Voici, en fonction du nombre des ordonnées dont on dispose, les premiers polynomes $(Ax+B)$ :

$$(-0{,}5,\ +0{,}5)\qquad y=(y_2-y_1)x+y_1,$$

$$(-1,\ +1)\qquad 6y=3(y_3-y_1)x+(y_1+y_3+4y_2),$$

$$(-1{,}5,\ +1{,}5)\qquad 6y=2(y_4-y_1)x+3(y_2+y_3),$$

$$(-2,\ +2)\qquad 14y=[3(y_5-y_1)+(y_4-y_2)]x+2[2(y_4+y_2)+3y_3],$$

$$(-2{,}5,\ +2{,}5)\qquad 110y=2[8(y_6-y_1)+5(y_5-y_2)]x+3[3(y_5+y_2)+8(y_4+y_3)],$$

$$(-3,\ +3)\qquad 96y=[10(y_7-y_1)+9(y_6-y_2)]x+3[(y_6+y_2)+10(y_5+y_3)+10y_4],$$

$$(-3{,}5,\ +3{,}5)\qquad 126y=2[5(y_8-y_1)+5(y_7-y_2)+(y_6-y_3)]x+7[4(y_6+y_3)+5(y_5+y_4)],$$

$$(-4,\ +4)\qquad 32y=[2(y_9-y_1)+2(y_8-y_2)+(y_7-y_3)]x \\ +4[(y_7+y_3)+2(y_6+y_4)+2y_5],$$

$$(-4{,}5,\ +4{,}5)\qquad 558y=2[14(y_{10}-y_1)+14(y_9-y_2)+11(y_8-y_3)]x \\ +9[3(y_8+y_3)+14(y_7+y_4)+14(y_6+y_5)],$$

$$(-5,\ +5)\qquad 340y=[14(y_{11}-y_1)+14(y_{10}-y_2)+14(y_9-y_3)+(y_8-y_4)]x \\ +5[13(y_8+y_4)+14(y_7+y_5)+14y_6],$$

$$(-5{,}5,\ +5{,}5)\qquad 462y=2[8(y_{12}-y_1)+8(y_{11}-y_2)+8(y_{10}-y_3)+3(y_9-y_4)]x \\ +11[5(y_9+y_4)+8(y_8+y_5)+8(y_7+y_6)].$$

Dans le cas de représentation par un polynome de degré *supérieur* à 1, le calcul, forcément plus complexe, serait *inextricable*, les valeurs extrêmes du polynome n'étant plus nécessairement atteintes aux extrémités de l'intervalle expérimental.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Représentation des systèmes de particules identiques à fonction d'onde symétrique*. Note de M. **Jacques Courtois**.

Un tel système est décrit par une fonction d'onde dans l'espace de configuration. Pour représenter ces fonctions d'onde, nous emploierons la notation définie dans notre précédente Note [1].

*Fonctions d'onde sans spin*. — Étant donné un système orthonormal complet de fonctions de base $\varphi_i$ (fonctions d'onde d'une particule), la fonction d'onde symétrique de N particules la plus générale est

$$\Phi=\S_N\sum_{n_1+\ldots=N}R(n_1,\ \ldots)\sqrt{\frac{N!}{\prod_i(n_i!)}}\prod_i(\varphi_i^{n_i})\tag{1}$$

avec

$$\sum_{n_1,\ldots}|R(n_1,\ \ldots)|^2=1,$$

$R(n_1,\ \ldots)$ est la fonction de répartition $(n_1,\ \ldots|)$. La probabilité de la répartition $n_1,\ \ldots$ est $|R(n_1,\ \ldots)|^2$.

---

[1] *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 570.

Ainsi une fonction d'onde est une somme, série ou intégrale de produits symétriques des fonctions de base, soumise aux deux conditions d'être homogène de degré N et d'être normée. Le cas de l'intégrale, qui correspond à une infinité continue de fonctions de base, se ramène aux autres cas en remplaçant les fonctions de base par les différentielles propres correspondantes. Dans le cas d'une série, la convergence au sens ordinaire n'est pas indispensable pour que la fonction d'onde ait un sens physique (par exemple dans un cas limite); seule la convergence de la norme est obligatoire.

*Remarques.* — Dans un système orthonormal donné de fonctions de base, deux produits symétriques distincts sont orthogonaux. Si l'on a une expression de la forme (1) (mais non normée *a priori*), sa norme est $\Sigma|R(n_1, \ldots)|^2$. Cette norme n'est nulle, et la fonction n'est nulle quels que soient les $\vec{r}$, que si tous les coefficients sont nuls. Deux expressions de cette forme, avec le même système de fonctions de base, ne sont égales pour toutes les valeurs des $\vec{r}$ que si elles sont formellement identiques.

*Fonctions d'onde avec spin.* — Chaque fonction de base possède un certain nombre de composantes distinguées par un indice. Cet indice joue ici le rôle d'une *coordonnée de spin* définissant, avec $x, y, z$, la position d'une particule. Tout ce qui précède s'applique, chaque $\vec{r}_k$ représentant l'ensemble des coordonnées d'espace et de la coordonnée de spin. (On revient ensuite s'il y a lieu à la notion de composante, par exemple pour un changement de système de référence.)

*Nouvelle convention de normalisation.* — A toute fonction d'onde classique ou fonction de même nature $\Phi$ nous substituerons parfois $\Phi' = \Phi/\sqrt{N!}$. Toutes les équations usuelles de la Mécanique ondulatoire, étant homogènes, subsistent quand on y remplace *simultanément* toutes les fonctions d'onde et fonctions de même nature (fonctions propres) qui y figurent par les $\Phi'$ correspondants ([2]).

Par définition $\Phi'$ a la même norme que $\Phi$. Ainsi chaque $\varphi_i$ reste normé, mais c'est $\varphi_i^{n_i}/\sqrt{n_i!}$ qui l'est au lieu de $\varphi_i^{n_i}$.

(1) prend la forme simple

$$\Phi' = \S_N \sum_{n_1, \ldots} R(n_1, \ldots) \prod_i \left(\frac{\varphi_i^{n_i}}{\sqrt{n_i!}}\right). \tag{2}$$

*Ensemble de deux systèmes.* — Soient deux systèmes $S_1$ et $S_2$ définis isolément par leurs fonctions d'onde $\Phi'$ et $\Psi'$. Cherchons s'ils peuvent coexister sans modification de propriétés, c'est-à-dire si l'on peut définir, par sa fonction

([2]) Notons que la probabilité de présence simultanée d'une particule dans $dv_1, \ldots,$ d'une particule dans $dv_N$ n'était déjà plus donnée par $\Phi^*\Phi\, dv_1 \ldots dv_N$, pour $N > 1$, à cause de l'indiscernabilité des particules.

d'onde $\chi'$, un système dont les propriétés soient celles qui doivent résulter de cette réunion. Bornons-nous au cas simple où il existe un système de fonctions de base tel qu'*aucune de ces fonctions ne figure à la fois dans* $\Phi'$ *et dans* $\Psi'$. On a alors

$$\Phi' = \S_{N_1} \sum_{n_i} R(n_i) \prod_i \left(\frac{\varphi_i^{n_i}}{\sqrt{n_i!}}\right), \qquad \sum_i n_i = N_1, \qquad \sum_{n_i} |R(n_i)|^2 = 1,$$

$$\Psi' = \S_{N_2} \sum_{n_j} S(n_j) \prod_j \left(\frac{\psi_j^{n_j}}{\sqrt{n_j!}}\right), \qquad \sum_j n_j = N_2, \qquad \sum_{n_j} |S(n_j)|^2 = 1.$$

Prenons

$$\chi' = \S_{N_1+N_2} \Phi'\Psi', \tag{3}$$

soit

$$\chi' = \S \sum_{n_i} \sum_{n_j} T(n_i, n_j) \prod_i \left(\frac{\varphi_i^{n_i}}{\sqrt{n_i!}}\right) \prod_j \left(\frac{\psi_j^{n_j}}{\sqrt{n_j!}}\right) \qquad \text{avec } T(n_i, n_j) = R(n_i) S(n_j);$$

$\chi'$ est normé car $\Sigma_{n_i} \Sigma_{n_j} |T(n_i, n_j)|^2 = 1$.

La probabilité de la répartition $(n_i, n_j)$ est

$$|T(n_i, n_j)|^2 = |R(n_i)|^2 |S(n_j)|^2.$$

Il y a indépendance entre les probabilités de la répartition $(n_i)$ entre les états $\varphi_i$ et de la répartition $(n_j)$ entre les états $\psi_j$, et ces probabilités sont les mêmes que pour $S_1$ et $S_2$ considérés isolément. Pour les mêmes $S_1$ et $S_2$, ce résultat s'applique aux répartitions suivant tous les systèmes de fonctions de base remplissant la condition en italiques. Pour d'autres fonctions de base, il n'y a plus forcément indépendance.

*Conclusion.* — Avec ces notations, pour déterminer la loi de probabilité de répartition suivant un système quelconque d'états $\varphi_i$, il suffit d'exprimer la fonction d'onde en fonction des $\varphi_i$ et d'interpréter suivant (1) ou (2). C'est un calcul algébrique, où les valeurs numériques des fonctions de base n'interviennent que par les éléments de matrice qui servent à exprimer en fonction linéaire des $\varphi_i$ les autres fonctions de base figurant dans la fonction d'onde.

## ÉLECTROSTATIQUE. — *Sur un effet du vent électrique.*

Note de M. **Marius Aubert**, présentée par M. Aimé Cotton.

Soit un condensateur constitué par deux cylindres concentriques $C_1$ et $C_2$. $C_1$ est un fil de platine de rayon $r = 10^{-2}$ cm, alors que pour $C_2$, $r = 4$ cm. Les deux extrémités A et B du fil sont reliées aux deux bornes d'un accumulateur E avec interposition d'une résistance réglable R. De plus, A en liaison avec l'un des pôles d'une machine de Wimshurst est mis à la terre, tandis que l'autre pôle est en relation avec $C_2$.

Les disques de la machine étant immobiles, on règle le courant $i$ dans le

fil AB de manière à le porter au rouge. AB peut être observé à travers une fente fine (largeur 1^mm, hauteur 3^cm) pratiquée dans $C_2$ dans le sens des génératrices. Si l'on met alors en marche la machine, on constate qu'à mesure que la différence de potentiel V croît entre les deux armatures $C_1$ et $C_2$, l'éclat du fil diminue, et lorsque V atteint, pour l'appareil considéré, la valeur de 6000 volts, le filament AB apparaît noir. Le phénomène se produit quel que soit le sens du champ entre $C_1$ et $C_2$.

L'effet observé peut s'expliquer de la façon suivante : $C_1$, de faible diamètre, se comporte comme une pointe, il y a ionisation du gaz et les molécules chargées, sous l'action du champ électrique très intense au voisinage du fil, se précipitent sur lui et le refroidissent. C'est la réalisation, avec des molécules ionisées, de la vieille expérience de la grêle de Franklin.

Le rôle du gaz est facilement mis en évidence car, lorsque la pression du gaz diminue, il faut faire croître V pour obtenir l'extinction du fil.

Pour suivre le refroidissement du fil, on peut mesurer les variations d'éclat ou de résistance. Il est possible de constituer, avec ce dispositif, un voltmètre électrostatique.

OPTIQUE. — *Propriétés optiques de lames très minces de chrome obtenues par projection thermique.* Note de M. **Marcel Perrot**, transmise par M. Charles Fabry.

J'ai déterminé [1] les facteurs de réflexion et de transmission de couches très minces de *chrome* déposées par projection cathodique sur des lames prismatiques de verre.

L'étude des résultats obtenus a montré que ces lames étaient vraisemblablement constituées par un oxyde de ce métal. Afin d'obtenir des lames de chrome pur, j'ai été amené à opérer par projection thermique. Ce dernier procédé nécessite en effet un vide plus poussé; de plus, le temps que dure la projection est beaucoup plus court, il en résulte que les chances d'altération des lames sont considérablement réduites.

L'appareillage de projection se compose essentiellement d'une grosse cloche dans laquelle on peut faire un très bon vide au moyen d'un groupe de pompage à grand débit complété par un piège à air liquide. La lame de verre à métalliser est placée à 10^cm environ au-dessous d'un fil horizontal en tungstène, chromé électrolytiquement. Le fil de tungstène a 10^cm de long et 0^mm,3 de diamètre. L'épaisseur de chrome est de l'ordre de 1^mm. Un écran, commandé magnétiquement de l'extérieur, permet de protéger la lame de verre à métalliser pendant les opérations préliminaires.

La marche d'une opération de vaporisation est la suivante. Aprés mise en

---

(1) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 238.

route des pompes, on commence par débarrasser le fil chromé de l'hydrogène et de la vapeur d'eau qu'il peut retenir en le portant au rouge sombre par le passage d'un courant électrique. Après une heure environ de pompage, on remplit le piège à air liquide et l'on effectue une première vaporisation puis un nettoyage ionique au moyen d'une grosse bobine de Ruhmkorff. On fait alors passer dans le fil un courant d'une quinzaine d'ampères. Le chrome fond et se fixe solidement sur un support de tungstène. Cette opération amène un abaissement de la pression à l'intérieur de la cloche. A ce moment cette dernière cesse d'être illuminée. L'opération de vaporisation proprement dite peut alors commencer après escamotage de l'écran. Elle doit être conduite à une vitesse convenable et en particulier ne doit pas prendre une allure explosive. Elle dure en moyenne quelques secondes.

Les couches ainsi obtenues sont très adhérentes au support. Cette adhérence augmente avec le temps, mais reste toutefois toujours inférieure à celle des lames préparées par projection cathodique. Pour nettoyer le support, il faut recourir à un mélange concentré de permanganate et de potasse. Quand on chauffe à l'air ces lames de chrome thermique, elles deviennent beaucoup plus transparentes et prennent des colorations analogues à celles des lames cathodiques.

Les mesures du facteur de réflexion R dans l'air sur le métal, du facteur de réflexion R' dans le verre sur le métal et du facteur de transmission T, de chacune de ces lames, ont été effectuées au moyen d'une cellule photoélectrique par la méthode déjà décrite.

Les épaisseurs ont été repérées par pesées. Les valeurs données dans le tableau ci-dessous ont été obtenues en supposant que la densité du chrome en lames minces est égale à celle du chrome massif (6,7).

| Épaisseurs en mμ. | λ = 3160 Å. | | | λ = 4358 Å. | | | λ = 5461 Å. | | | λ = 5780 Å. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | R. | R'. | T. | R. | R'. | T. | R. | R'. | T. | R. | R'. | T. |
| 0.... | 0,042 | 0,042 | 0,958 | 0,042 | 0,042 | 0,958 | 0,042 | 0,042 | 0,958 | 0,042 | 0,042 | 0,958 |
| 3,5.. | 0,062 | 0,026 | 0,810 | 0,056 | 0,026 | 0,840 | 0,052 | 0,032 | 0,885 | 0,049 | 0,032 | 0,895 |
| 4.... | 0,070 | 0,018 | 0,756 | 0,064 | 0,027 | 0,802 | 0,059 | 0,030 | 0,852 | 0,056 | 0,028 | 0,886 |
| 6.... | 0,132 | 0,012 | 0,585 | 0,125 | 0,012 | 0,620 | 0,121 | 0,016 | 0,668 | 0,099 | 0,015 | 0,706 |
| 9.... | 0,286 | 0,101 | 0,303 | 0,290 | 0,166 | 0,330 | 0,305 | 0,107 | 0,402 | 0,262 | 0,102 | 0,408 |
| 15.... | 0,333 | 0,195 | 0,119 | 0,364 | 0,222 | 0,145 | 0,388 | 0,242 | 0,188 | 0,380 | 0,238 | 0,195 |
| 21.... | 0,378 | 0,206 | 0,095 | 0,413 | 0,241 | 0,101 | 0,445 | 0,293 | 0,131 | 0,437 | 0,269 | 0,142 |
| 35.... | 0,454 | 0,227 | 0,048 | 0,497 | 0,260 | 0,056 | 0,517 | 0,311 | 0,075 | 0,510 | 0,309 | 0,081 |
| 55,5.. | 0,460 | 0,230 | 0,013 | 0,483 | 0,258 | 0,013 | 0,520 | 0,317 | 0,033 | 0,514 | 0,305 | 0,028 |
| 67.... | 0,459 | 0,238 | 0,012 | 0,510 | 0,270 | 0,013 | 0,527 | 0,324 | 0,036 | 0,523 | 0,316 | 0,032 |
| 90.... | 0,414 | 0,208 | 0 | 0,468 | 0,234 | 0 | 0,472 | 0,262 | 0 | 0,467 | 0,264 | 0 |
| 143.... | 0,432 | 0,212 | 0 | 0,467 | 0,241 | 0 | 0,482 | 0,258 | 0 | 0,474 | 0,258 | 0 |

On retrouve, pour toutes les longueurs d'onde utilisées, le minimum du facteur de réflexion dans le verre sur le métal pour une épaisseur de ce dernier

variable avec la longueur d'onde. Ce minimum n'est pas aussi faible que dans le cas de l'or, de l'argent ou du platine. Le facteur de réflexion dans l'air sur le métal présente de son côté, pour toutes les longueurs d'onde, un maximum suivi d'un minimum.

Ces résultats sont très différents de ceux que j'ai obtenus pour le *chrome* préparé par projection cathodique. En particulier l'indice d'extinction est ici nettement différent de O, ce qui donne aux lames un aspect métallique. Il est vraisemblable qu'elles sont constituées par du chrome pur.

SPECTROSCOPIE. — *Analyse des spectres d'absorption infrarouges de maléates et de fumarates*. Note de M^lle **Annie Delay**, MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Entre les fréquences de 550 et 1600 $cm^{-1}$ environ, avec les spectromètres enregistreurs précédemment décrits, nous avons obtenu, par la méthode des poudres, les spectres d'absorption de 16 maléates neutres, 1 maléate acide, 17 fumarates, 1 fumarate acide, de divers cations allant depuis le glucinium jusqu'à l'uranyle.

Les fumarates possèdent environ la moitié des bandes d'absorption des maléates. Si l'on admet que ces molécules présentent une structure plane, pour les premiers, l'existence d'un centre de symétrie ($C_{2h}$) permet de prévoir une alternance entre les bandes infrarouges et les raies Raman, et, pour les seconds, au contraire une concordance de presque toutes les fréquences (symétrie $C_{2v}$), ce qui se confirme en comparant nos résultats avec les spectres de diffusion, donnés par Edsall (¹), pour les sels neutres de sodium. Les ions maléate ou fumarate COO—CH=CH—COO, possédant 10 particules vibrantes, peuvent posséder 24 vibrations fondamentales distinctes, que nous allons essayer d'identifier avec des fréquences observées.

1° Modèle à quatre masses (COO)—(CH)=(CH)—(COO). Les six vibrations fondamentales se partagent en : deux vibrations de valence symétrique $\omega_1$ et antisymétrique $\omega_4$, une vibration C=C ($\omega_2$), deux vibrations de déformation symétrique $\omega_3$ et antisymétrique $\omega_5$, et une vibration gauche $\omega_6$. D'après les recherches antérieures de deux d'entre nous, on sait que l'ion (COO), considéré comme une masse unique, se place, au point de vue spectroscopique, entre les composés chlorés et bromés de même structure. La comparaison avec les spectres des dichloro et dibromoéthylènes *cis* et *trans*, qui ont été étudiés par de nombreux auteurs et par l'un de nous, permet ainsi les identifications suivantes (entre crochets, ordre de grandeur des fréquences à attendre; le signe — indique le manque de mesures) :

(¹) *J. Chem. Phys.*, 8, 1937, p. 508.

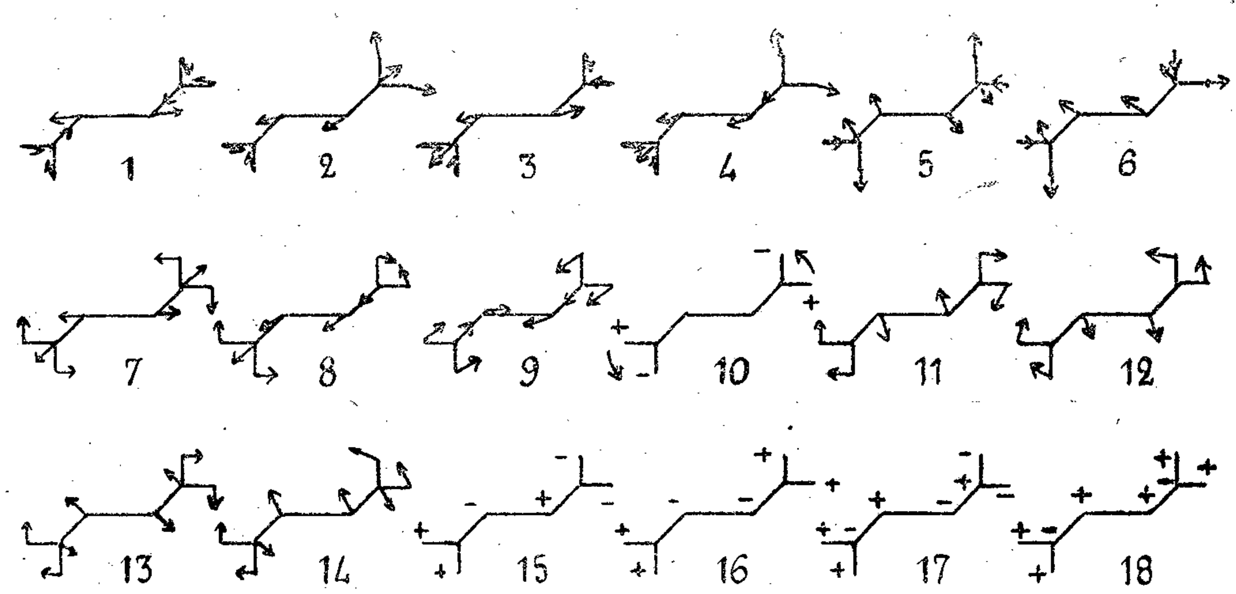
| | Maléates. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\omega_3$. | $\omega_5$. | $\omega_6$. | $\omega_1$. | $\omega_4$. | $\omega_2$. |
| Infrarouge ($cm^{-1}$)..... | – | – | inac | 615–625 | 830–880 | – |
| Ra (sel de Na)........ | [130] | 482 | [380] | ? | ? | 1646 |

| | Fumarates. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\omega'_3$. | $\omega'_4$. | $\omega'_1$. | $\omega'_5$. | $\omega'_6$. | $\omega'_2$. |
| Infrarouge ($cm^{-1}$)..... | inac | 670–680 | inac | vers 580 ? | ? | inac |
| Ra (sel de Na)........ | 235 | inac | 775 | inac | inac | 1657 |

2° Les 18 modes de vibration du modèle à huit masses

$$COO-(CH) = (CH)-COO$$

sont représentés dans la figure, pour le cas de l'ion fumarate. Tous les modes impairs restent permis dans la diffusion et tous les modes pairs dans l'absorption. Pour les maléates, tous les modes peuvent donner simultanément des raies Raman et des bandes infrarouges, sauf les numéros 10, 15 et 17 qui sont inactifs dans l'absorption. D'autre part, les vibrations 1, 2, 9, 16 représentent respec-




tivement les modes déjà étudiés : $\omega_1$, $\omega_4$, $\omega_2$, $\omega_6$, 11 et 12 à $\omega_3$ et $\omega_5$ (fumarates) ou $\omega_5$ et $\omega_3$ (maléates). Par analogie avec nos résultats antérieurs sur les sels métalliques, les vibrations de valence du carboxyle 3, 4, 5, 6 correspondent aux bandes infrarouges ou aux raies Raman observées entre 1350 et 1600 $cm^{-1}$. De même, les vibrations de déformation du même groupement (7 et 8) s'identifient avec les suites vers 783-835 et 900-930 $cm^{-1}$ (maléates), et 775-815 (fumarates) et 905 $cm^{-1}$ (fumarate de Na, Raman). Le mode de vibration 18 représente une déformation gauche du groupement COO et possède, par analogie avec les oxalates métalliques, une fréquence voisine de 660 $cm^{-1}$. L'identification des six vibrations restantes avec des fréquences observées est moins sûre, et sera discutée dans un autre recueil. Il faut noter que, pour certains fumarates, quoique interdite, la vibration 7 apparaît dans l'absorption, ce qui signifierait, par exemple, que le molécule n'est pas plane.

3° En raison de la différence de fréquence, qui existe entre les vibrations introduites par la présence des atomes d'hydrogène et celles du reste de la molé-

cule, on peut, en première approximation, les traiter à part par exemple dans un modèle à six masses :

$$\begin{matrix}(COO)\\ H\end{matrix}\!\!>C = C<\!\!\begin{matrix}(COO)\\ H\end{matrix}$$

| | Fumarate. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\nu_1$. | $\nu_2$. | $\delta_1$. | $\delta_2$. | $\gamma_1$. | $\gamma_2$. |
| Infrarouge ($cm^{-1}$)..... | inac | – | inac | 1161 | 981 | inac |
| Raman.............. | 3053 | inac | 1279 | inac | 989 | ? |

pour les maléates. Dans les 12 vibrations propres de ce modèle supposé plan, on peut alors séparer : deux vibrations de valence $\nu$(CH), deux vibrations planes $\delta$, et deux vibrations gauches de déformation $\gamma$, dues à la présence des atomes d'hydrogène. Voici, par exemple, les nombres relatifs au sel de sodium :

| | Maléate. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\nu_1$. | $\nu_2$. | $\delta_1$. | $\delta_2$. | $\gamma_1$. | $\gamma_2$. |
| Infrarouge ($cm^{-1}$)..... | – | – | 1295 | 1193 | 956 | 1044 |
| Raman.............. | 3038 | ? | 1306 | ? | 980 | 1057 |

On retrouve, dans l'ensemble, l'alternance prévue pour le fumarate, sauf pour la vibration $\gamma_1$, qui devrait être inactive dans la diffusion. Il est possible qu'il s'agisse, en réalité, de deux vibrations $\gamma_1$ et $\gamma_2$ possédant des fréquences voisines. Pour le maléate, l'existence de deux vibrations gauches indiquerait que les atomes d'hydrogène se trouvent en dehors du plan formé par le reste de la molécule.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Fluctuations dues à l'émission thermoélectronique de la couche photoélectrique dans un amplificateur en lumière modulée.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les couches photoélectriques sensibles, à faible travail d'extraction, ont une émission thermique non négligeable. Le courant correspondant $\dot{I}$ (constitué d'électrons de charge $e$ émis au hasard) impose une limite à la détection des courants photoélectriques très faibles. Je me propose d'étudier l'effet de $\dot{I}$ sur un amplificateur linéaire caractérisé par un gain $f(\nu)$ et un déphasage $\varphi(\nu)$ pour la fréquence $\nu$, suivi d'un récepteur quadratique. L'amplificateur transforme l'intensité $I(t)$ au temps $t$ en $y(t)$ et le récepteur est soumis à $Y(t)=y^2(t)$. Soit $x(t)$ l'indication du récepteur. Il faut calculer la moyenne $\overline{x(t)}$ et l'écart $\sqrt{\overline{(x-\overline{x})^2}}$, donc $\overline{Y(t)}$ et la contribution $\overline{Y^2_\nu}\,d\nu$ de la bande $\nu$, $\nu+d\nu$ au carré moyen $\overline{Y^2(t)}$ (¹).

(¹) Bernamont, *Ann. de Phys.*, **7**, 1937, p. 84.

Supposons que $I(t)$ admette une période T très grande durant laquelle le nombre de chocs égale K. Soit $t_i$ l'instant d'un choc. Le développement en série de Fourier de la partie alternative de $I(t)$ est

$$I = \frac{2e}{T} \sum_{n=1}^{n=\infty} \sum_{i=1}^{i=k} \cos \frac{2\pi n(t-t_i)}{T}, \tag{1}$$

et l'on a

$$Y = y^2 = \left\{ \frac{2e}{T} \sum_{n=1}^{n=\infty} \sum_{i=1}^{i=k} f\left(\frac{n}{T}\right) \cos\left[\frac{2\pi n(t-t_i)}{T} - \varphi\left(\frac{n}{T}\right)\right] \right\}^2. \tag{2}$$

On peut en déduire la valeur de $\overline{Y_\nu^2\,d\nu}$; c'est une fonction des K paramètres $t_i$. On a sa valeur probable en prenant la moyenne par rapport aux $t_i$. Il importe de calculer cette moyenne exactement sans utiliser pour les sommations par rapport à $i$ des répartitions gaussiennes valables seulement en toute rigueur pour K infini, c'est-à-dire, puisque T est fini, pour $\bar{I}$ infini. Cela fait, on peut, toute question de probabilité étant désormais exclue, faire tendre T vers l'infini pour s'affranchir de la condition de périodicité.

Je donne ici simplement le résultat des calculs :

1° $Y_\nu^2\,d\nu$ est la somme de deux sortes de termes : $S_1$ (proportionnels à $e^2I^2$) et $S_2$ (proportionnels à $e^3I$). Seuls les termes $S_2$ dépendent de $\varphi(\nu)$. Pour les très grandes valeurs de I, c'est-à-dire si l'oscillation produite par un choc est loin d'être amortie quand survient le choc suivant (bande passante petite devant $I/e$) les termes $S_1$ sont prépondérants. Sinon (amplificateur très amorti ou chocs très espacés), ce sont les termes $S_2$ qui dominent.

2° Définissons la sélectivité de l'appareil de lecture par $F(\nu)$ [nous supposerons $F(0) = 1$, ce qui ne restreint pas la généralité des résultats]. Supposons, pour simplifier, que $F(\nu)$ devienne négligeable dès que $\nu$ dépasse des valeurs encore très faibles (récepteur uniquement sensible aux fréquences très petites), de façon à pouvoir écrire

$$\overline{(x-\bar{x})^2} = \int_0^\infty \overline{Y_\nu^2}\, F^2(\nu)\, d\nu = \overline{Y_{\nu=0}^2} \int_0^\infty F^2(\nu)\, d\nu = \overline{Y_{\nu=0}^2} \times \delta. \tag{3}$$

Posons

$$\int_0^\infty f^4(\nu)\, d\nu = \alpha\Delta \quad (^1) \qquad \text{et} \qquad \int_0^\infty f^2(\nu)\, d\nu = \beta\Delta \quad (^1). \tag{4}$$

On a

$$\bar{x} = 2eI\beta\Delta, \qquad \overline{(x-\bar{x})^2} = (8e^2I^2\alpha\Delta + 8e^3I\beta^2\Delta^2)\delta. \tag{5}$$

Pour $\nu = 0$, même dans $S_2$, $\varphi(\nu)$ n'apparaît plus.

Si $\beta^2 e\Delta/I\alpha$ est petit, les fluctuations relatives de l'aiguille du récepteur sont

---

[1] La définition de $\Delta$ comporte le même arbitraire que celle de la *bande passante* et $\Delta$ peut, dans une certaine mesure, représenter celle-ci.

données par

$$\frac{\sqrt{\overline{(x-\bar{x})^2}}}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{2\,\delta\alpha}{\beta^2\Delta}}. \tag{6}$$

Cette relation est d'accord avec les résultats déduits par Fränz pour une bande passante de forme particulière, par un procédé de calcul supposant implicitement I très grand et ne faisant pas intervenir la fonction $\varphi(\nu)$ ([3]).

Si $\beta^2 e\Delta/I\alpha$ est grand, on a

$$\frac{\sqrt{\overline{(x-\bar{x})^2}}}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{2e\delta}{I}}. \tag{7}$$

Cela traduit l'effet sur l'appareil de lecture, des trains d'ondes rapidement amortis et distincts les uns des autres, que l'amplificateur substitue aux chocs très brefs qu'il reçoit.

3° La méthode permet d'étudier l'effet produit par la superposition au courant I d'un courant électronique I′ périodiquement interrompu avec la fréquence $\nu_0$ (courant photoélectrique correspondant à de la lumière hachée). Elle donne la limitation imposée par l'existence de $\dot{I}$ au pouvoir séparateur d'un tel montage. Elle montre aussi que, dans certain cas, [si $\dot{I}$ est assez petit pour qu'on puisse déceler des courants I′ donnant à $\beta e\Delta/I' f^2(\nu_0)$ une valeur grande], les termes sinusoïdaux qui correspondent aux fréquences des composantes de Fourier de I′ deviennent négligeables par rapport aux termes de bruit de fond dus à I′, de sorte que, dans cette hypothèse, la modulation de la lumière ne joue plus aucun rôle.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Spectres hertziens de l'alcool benzylique et du nitrobenzène.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Paul Abadie**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans cette Note nous déduirons de leurs spectres hertziens les formes des molécules d'alcool benzylique et des molécules de nitrobenzène à l'état liquide à la température ordinaire.

Les méthodes de mesure furent celles indiquées dans notre Note précédente ([1]) : méthode de résonance pour les ondes au-dessus de $4^{m}$; entre $17^{cm}$ et $4^{m}$, utilisation de la deuxième méthode de Drude modifiée. Entre $2^{cm},5$ et $17^{cm}$, étude des ondes stationnaires produites le long de lignes doubles à conducteurs coaxiaux contenant le liquide en expérience quand un piston mobile se déplace dans le liquide.

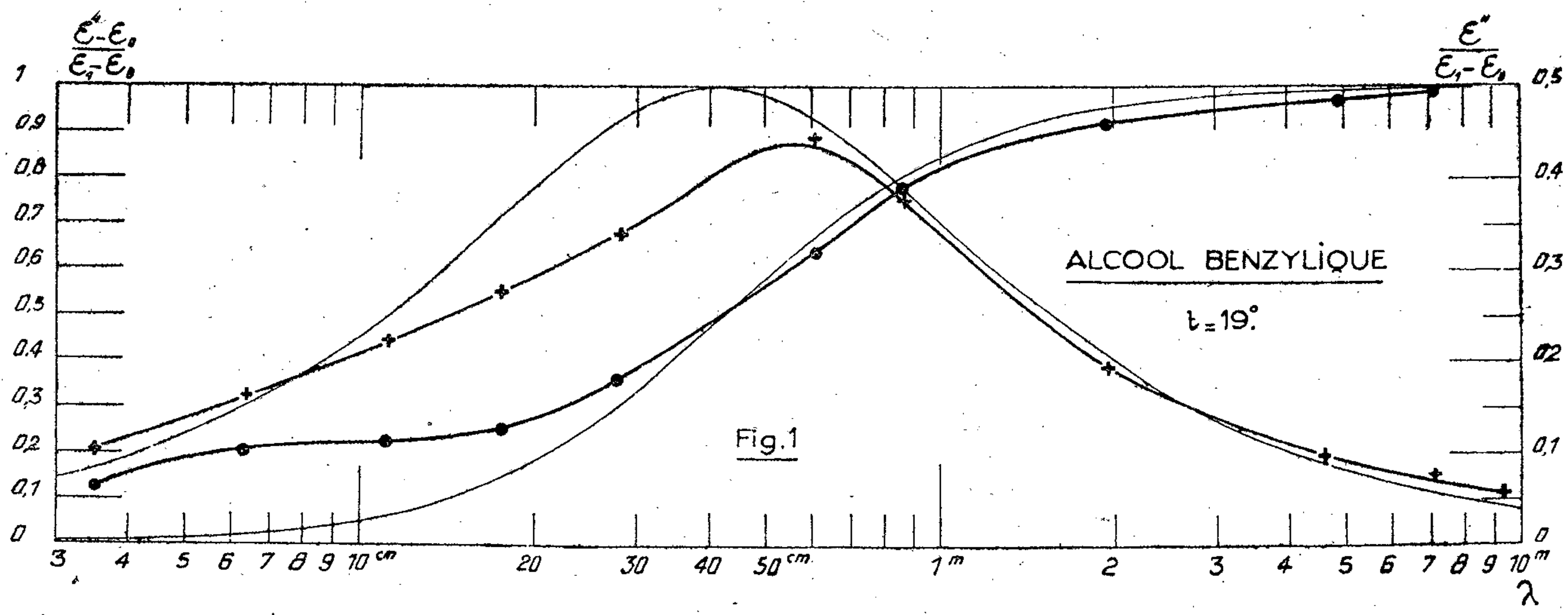
---

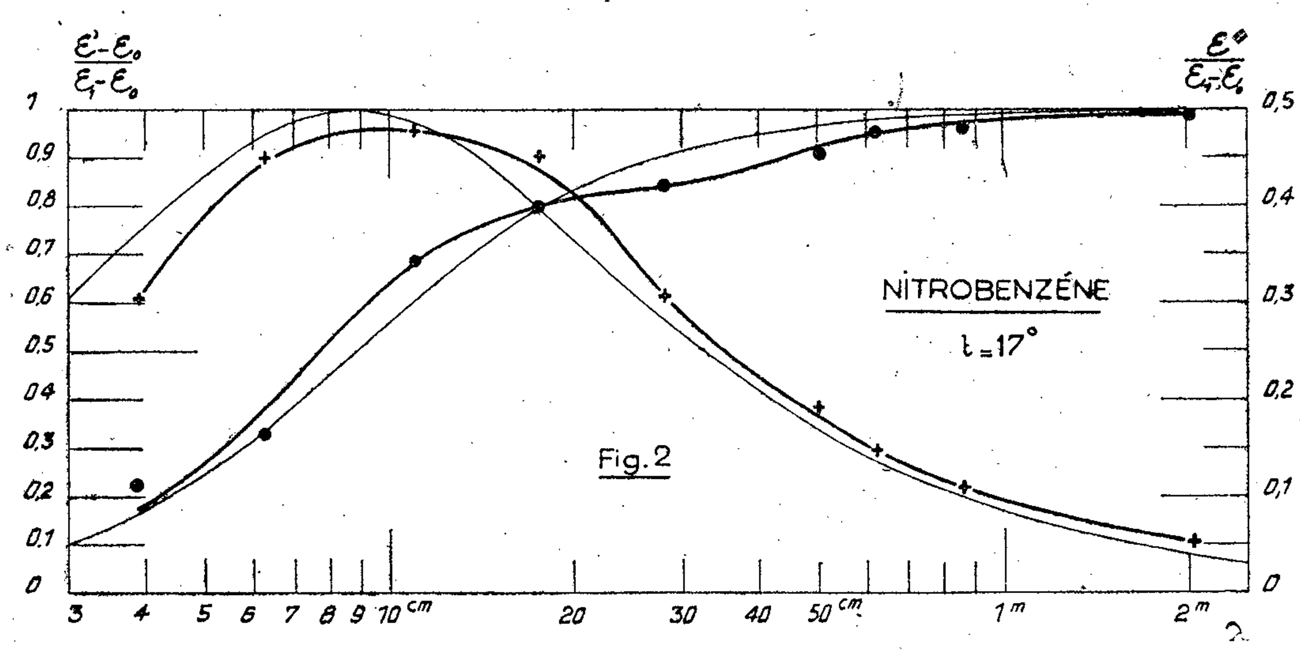
([3]) Fränz, *Electrische Nachrichten Techn.*, 17, 1940, p. 215; *Hochfrequenz Techn.*, 58, 1941, p. 95.

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 84.

Les méthodes se recoupent à $4^m$ et à $17^{cm}$, donnant des résultats concordants.

*Alcool benzylique.* — Les courbes en traits fins, calculées à partir des équations de Debye relatives à la dispersion et à l'absorption, se rapportent à des molécules qui auraient la forme de sphères; le rayon étant choisi de façon que




la position des courbes sur l'axe des abscisses permette la comparaison avec les courbes expérimentales. Ces courbes, calculées, ne présentent qu'une seule région de dispersion et un seul temps de relaxation ($\tau$). Les courbes expérimentales en traits forts montrent au moins deux régions de dispersion et plus probablement trois. La première courbe aboutit à un plateau; le coude anormal de la deuxième courbe indique probablement une troisième région de dispersion se distinguant peu de la seconde.

A la première région de dispersion correspondent le plus petit temps de relaxation et le plus petit coefficient de frottement. L'oscillation du disque benzénique consiste ici en une rotation autour d'un axe perpendiculaire passant par son centre. A la deuxième courbe de dispersion correspondent une plus grande valeur du temps de relaxation et du coefficient de frottement. Les oscillations du disque du benzène ont lieu ici autour d'une normale à l'axe passant par le centre. L'existence probable d'une troisième région de dispersion indique que l'anneau benzénique n'est pas tout à fait circulaire en raison du groupe $CH^2$ accolé ($CH^2OH$).

En l'absence d'une théorie satisfaisante reliant la CD des liquides à la polarisation d'orientation, on peut admettre que la fraction de la CD correspondant à la hauteur de la première courbe de dispersion est sensiblement proportionnelle au carré de la composante du moment permanent assurant la rotation du disque benzénique. Cette hauteur est seulement 1/5 de la hauteur totale des trois courbes de dispersion. Les composantes du moment permanent dans le plan du benzène sont donc petites; il en résulte que ce moment fait avec le plan du benzène un angle de grande ouverture (de l'ordre de 70°).

La composante verticale du moment permanent assure, conjointement avec les composantes dans le plan du benzène, les oscillations autour d'une normale à l'axe passant par le centre de l'anneau. En résumé, nous sommes conduits à nous représenter l'alcool benzylique comme un noyau benzénique presque circulaire, le moment permanent $\overset{+}{C}H^2\overset{-}{O}H$ faisant un angle de 70° environ avec le plan du benzène.

*Nitrobenzène.* — On n'observe ici que deux courbes de dispersion : la première (plus petite valeur de $\tau$) correspondant à la rotation du disque benzénique autour de son axe; la deuxième (plus grande valeur de $\tau$) correspondant à des oscillations autour d'une normale à l'axe.

La grande hauteur de la première courbe de dispersion indique une valeur élevée de la composante du moment permanent. Elle oblige à envisager que ce moment composant se confond avec le moment permanent et qu'il est situé dans le plan même du disque du benzène. Il assure la rotation du disque et les oscillations autour d'une normale à l'axe.

Le temps de relaxation de rotation du disque benzénique pour le nitrobenzène est 2,5 fois plus grand que pour l'alcool benzylique, bien que la viscosité de celui-ci soit trois fois plus grande que celle du nitrobenzène. Ce grand coefficient de frottement du nitrobenzène s'expliquerait bien par la surcharge des deux O occupant une position moyenne dans le plan du benzène. Le nitrobenzène liquide nous apparaît donc comme un disque plat sans superstructure, le moment permanent (bissectrice de l'angle O-N-O) et les deux O étant dans le plan du disque.

## PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'effet Szilard d'isomérie.* Note de M. RAYMOND DAUDEL.

On admet habituellement que, lors de l'effet Szilard, qui se produit dans les molécules renfermant des noyaux activés au moment du retour de ceux-ci à l'état fondamental, le phénomène prépondérant est le recul des atomes qui renferment ces noyaux au moment du départ des négatons de conversion interne.

L'énergie de ce recul, qui est généralement plus grande que celle qui accompagne le départ des photons, ne peut cependant suffire à dissocier les molécules dans la plupart des cas. On interprète les ruptures qui sont observées dans ces cas en supposant que la molécule passe dans un état activé où elle acquiert la propriété de se rompre aisément par choc contre une autre molécule.

Certains auteurs considèrent enfin que les molécules sont nécessairement rompues à chaque départ de négatons, et qu'en conséquence la détermination du nombre des ruptures permet d'évaluer le degré de la conversion interne.

Nous pensons, au contraire, qu'il y a lieu d'attacher une grande importance aux phénomènes qui succèdent au départ des négatons de conversion. Ceux-ci sont en effet remplacés par des négatons des couches supérieures de l'atome avec émission de rayons X, et finalement leur départ peut entraîner la disparition d'un négaton de valence de la molécule qui contient cet atome. Envisagée sous ce jour, la rupture peut avoir lieu quelque faible que soit l'énergie du recul, mais sa probabilité ne doit pas être considérée comme unité.

Afin de préciser ce point, nous avons déterminé la probabilité de rupture des molécules de sélénite de sodium sous l'action du départ d'un de ses négatons par conversion interne.

Un premier pas vers cette détermination est le calcul du coefficient de conversion que nous avons effectué, d'après les travaux de MM. Hebb et Nelson, dans le cas du sélénium.

En ce qui concerne la partie d'origine électrique du phénomène, les coefficients de conversion interne sont donnés en effet par la formule bien connue

$$\frac{N_e}{N_q} = 2\pi\alpha \frac{l}{l+1}\left[\frac{(2l)!}{2^l l!}\right]^2 W^{-2l-1}\left[\int \Psi_f \Psi_0^* Y_l^m r^{-l-1}\, dv\right]^2$$

(voir notamment Hebb et Nelson, *Physical Review*, 58, 15 sept. 1940).

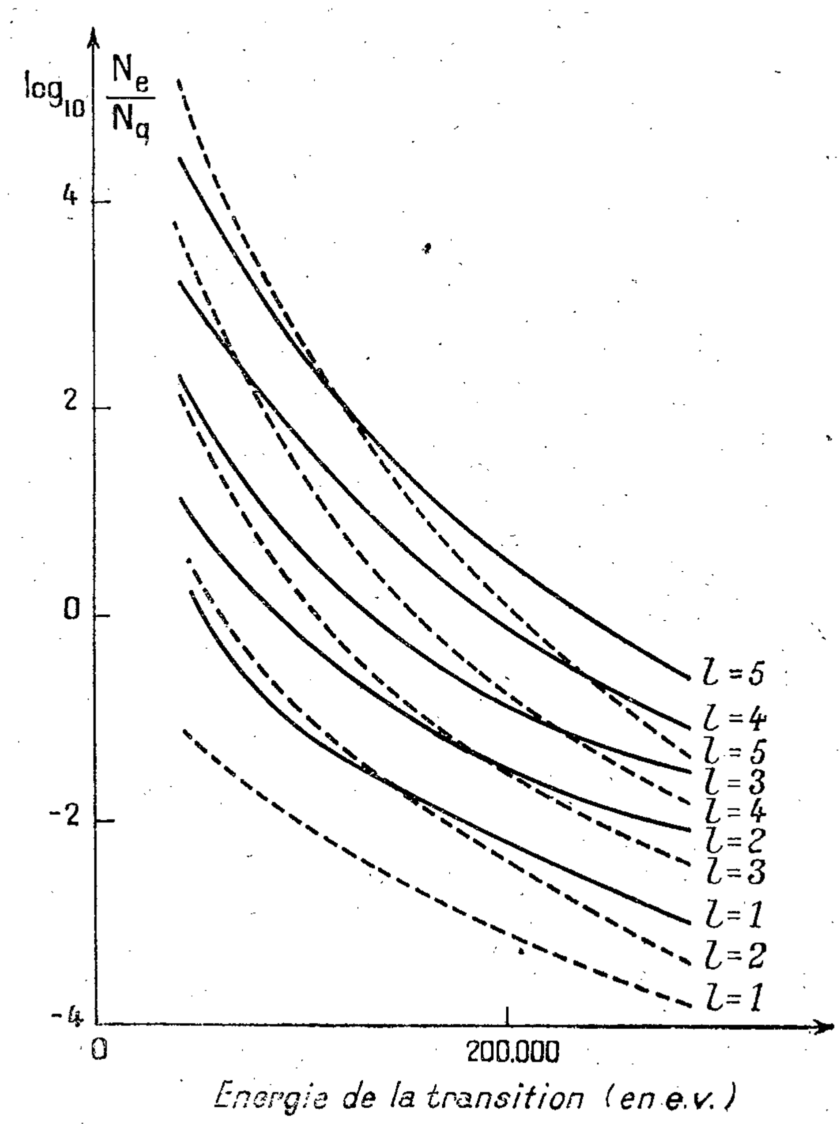
Celle-ci permet d'évaluer pour chacun des niveaux K, L, M.... et des ordres polaires d'émission le coefficient de conversion pour une valeur quelconque de l'énergie de transition. Les courbes suivantes donnent les valeurs de ces coefficients dans le cas du sélénium, en tenant compte de l'effet d'écran, et montrent que pour de faibles énergies et de grands ordres multipolaires la conversion électrique peut être plus grande dans le niveau L que dans le niveau K.

La partie d'origine magnétique du phénomène est décrite par la formule

$$N_e\, d\Omega = \frac{2\pi e^2}{h}\, d\Omega \sum_{l=0}^{l=l_{\max}} \sum_{m=-l_M}^{m=l_M} \sum_{\text{spin}} \left| \int \xi_f^* \gamma \vec{V} \xi_l^m\, dv \right|^2,$$

où les $\xi$ représentent des spineurs symbolisant les négatons dans leurs états initiaux et finaux, $\gamma$ les trois premières matrices de Dirac satisfaisant à la relation : $[\gamma_i, \gamma_j] = \delta_{ij}$ et $\vec{V}$ le potentiel vecteur.

Si l'on calcule à l'aide de ces formules le coefficient de conversion interne total en tenant compte de ce que l'énergie de la transition est de 93000 eV, et que divers auteurs s'appuyant sur des mesures expérimentales du rapport de la




Les courbes en traits pleins se rapportent au niveau K.
Les courbes en traits pointillés se rapportent au niveau L.

conversion K à la conversion L s'accordent pour dire que l'émission est d'ordre 3 au point de vue magnétique et d'ordre 4 au point de vue électrique, on obtient la valeur 90 qui établi que le processus de désactivation par émission de photons est très rare.

Les effets Szilard que l'on observera seront donc essentiellement attribuables à l'éjection des négatons.

MICRORADIOGRAPHIE. — *Méthode d'analyse quantitative de constituants microscopiques par des mesures d'absorption de rayons* X. Note de M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Si l'on place une préparation très mince contre une plaque photographique à grains très fins, ou mieux, sans grains, et qu'on l'expose à un faisceau de rayons X, on obtient une *microradiographie* que l'on peut examiner à un fort grossissement; les différents constituants s'y distinguent par leur coefficient d'absorption, c'est-à-dire par leur composition chimique. L'interprétation d'une telle image est donc plus simple que celle d'une micrographie ordinaire.

Mais l'intérêt de cette méthode, déjà utilisée en métallographie, peut être beaucoup accru : nous allons montrer comment on peut utiliser la microradiographie pour faire l'analyse quantitative point par point de la préparation, la surface utile étant de l'ordre de 1/1000 de millimètre carré.

La méthode consiste à mesurer en chaque point le coefficient d'absorption $\mu$ de l'échantillon, lamelle mince d'épaisseur uniforme $e$ placée normalement à un faisceau parallèle de rayons X strictement monochromatique. Considérons le cas d'un alliage binaire de deux éléments A et B, dont les coefficients massiques d'absorption et les densités sont respectivement $\mu_A$, $\mu_B$ et $d_A$, $d_B$. Si $p_A$ et $p_B$ sont les masses inconnues des deux constituants par unité de surface en un point particulier, la mesure de $\mu$ en ce point donne la première relation : $p_A \mu_A + p_B \mu_B = \mu$. La seconde relation est fournie par la connaissance de la densité locale : on peut admettre en première approximation que le volume de l'alliage est la somme des volumes des constituants; d'où $(p_A/d_A) + (p_B/d_B) = e$; l'inexactitude de cette relation n'entraîne en général pour $p_A/p_B$ qu'une erreur de l'ordre du centième; d'ailleurs la relation rigoureuse peut être déduite de la mesure de la lamelle cristalline d'après un diagramme de diffraction. Si la lamelle est assez mince pour qu'un seul constituant en occupe toute l'épaisseur, le rapport $p_A/p_B$ donnera la composition pondérale de cette phase. Pour des alliages de plus de deux éléments, des mesures d'absorption avec plusieurs longueurs d'onde donneront le nombre de relations indépendantes nécessaires, à condition qu'entre deux longueurs d'onde se trouve une discontinuité d'absorption d'un des éléments.

La mesure du coefficient d'absorption en un point de l'échantillon s'effectue par comparaison avec celui d'écrans étalons à l'aide du dispositif suivant. Dans un petit châssis on place contre la plaque photographique, à côté l'un de l'autre, l'échantillon (d'une surface de quelques millimètres carrés) et une série de feuilles métalliques formant des gradins de $0^{mm},5$ de largeur et d'épaisseur régulièrement croissante. Il serait impossible d'obtenir un faisceau monochromatique d'intensité uniforme sur la largeur nécessaire ($10^{mm}$); aussi le châssis, animé d'un mouvement de va-et-vient rigoureusement uniforme, est balayé par le faisceau réfléchi par le monochromateur à cristal de quartz courbé [1]. La vitesse du mouvement de translation doit être suffisante pour que des variations lentes de l'émission des rayons X n'aient aucune influence. Sur la plaque on obtient, à côté de la radiographie de l'échantillon, une échelle de densités photographiques correspondant à des coefficients d'absorption connus : on peut donc déduire du noircissement en un point de la radiographie le coefficient d'absorption local. Pour la mesure des noircissements, nous nous sommes servi d'un microphotomètre Jobin et Yvon réglé pour

---

[1] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1115; *Ann. de Phys.*, 12, 1939, p. 161.

que la plage explorée sur la plaque soit un carré de 5/100 de millimètre de côté.

On doit éviter deux causes d'erreur : 1° le cristal monochromateur peut réfléchir, outre la radiation $\lambda$, les radiations $\lambda/2$, $\lambda/3$ etc.; il faut donc abaisser la tension aux bornes du tube au-dessous du seuil d'excitation de $\lambda/2$; 2° la plaque photographique reçoit, en plus du faisceau direct, les rayonnements secondaires qui ont pris naissance dans les absorbants; leur intensité, qui peut être notable, dépend de façon complexe du rayonnement incident et de l'échantillon : on les élimine, ou tout au moins on les affaiblit dans un rapport connu en intercalant un écran convenable entre l'échantillon et la plaque.

Nous avons essayé cette méthode d'analyse sur un alliage Al-Zn à 80 % de Zn, qui était composé de deux phases à grains assez développés (plusieurs dixièmes de millimètre) : l'échantillon était une lamelle dont l'épaisseur, très sensiblement uniforme sur 4 ou $5^{mm^2}$, a été mesurée au comparateur ($0^{mm},121$). Les deux phases étant d'absorption très inégale, on a fait successivement deux clichés avec des écrans de comparaison différents, de façon que dans chaque cas le noircissement de la région étudiée se trouve dans la zone d'exposition normale. L'émulsion était à grains fins et grand contraste. On a trouvé pour la teneur en zinc des deux phases 99 % et 77 %. Bien que ce soient là des mesures d'essais assez grossières, la précision doit être de 2 %. Pour donner une idée de la sensibilité de la méthode, disons qu'une variation d'une unité sur la teneur en Zn dans le cas de la phase à 77 % correspondait dans les conditions de la mesure à un déplacement de $1^{cm}$ du spot du galvanomètre du microphotomètre.

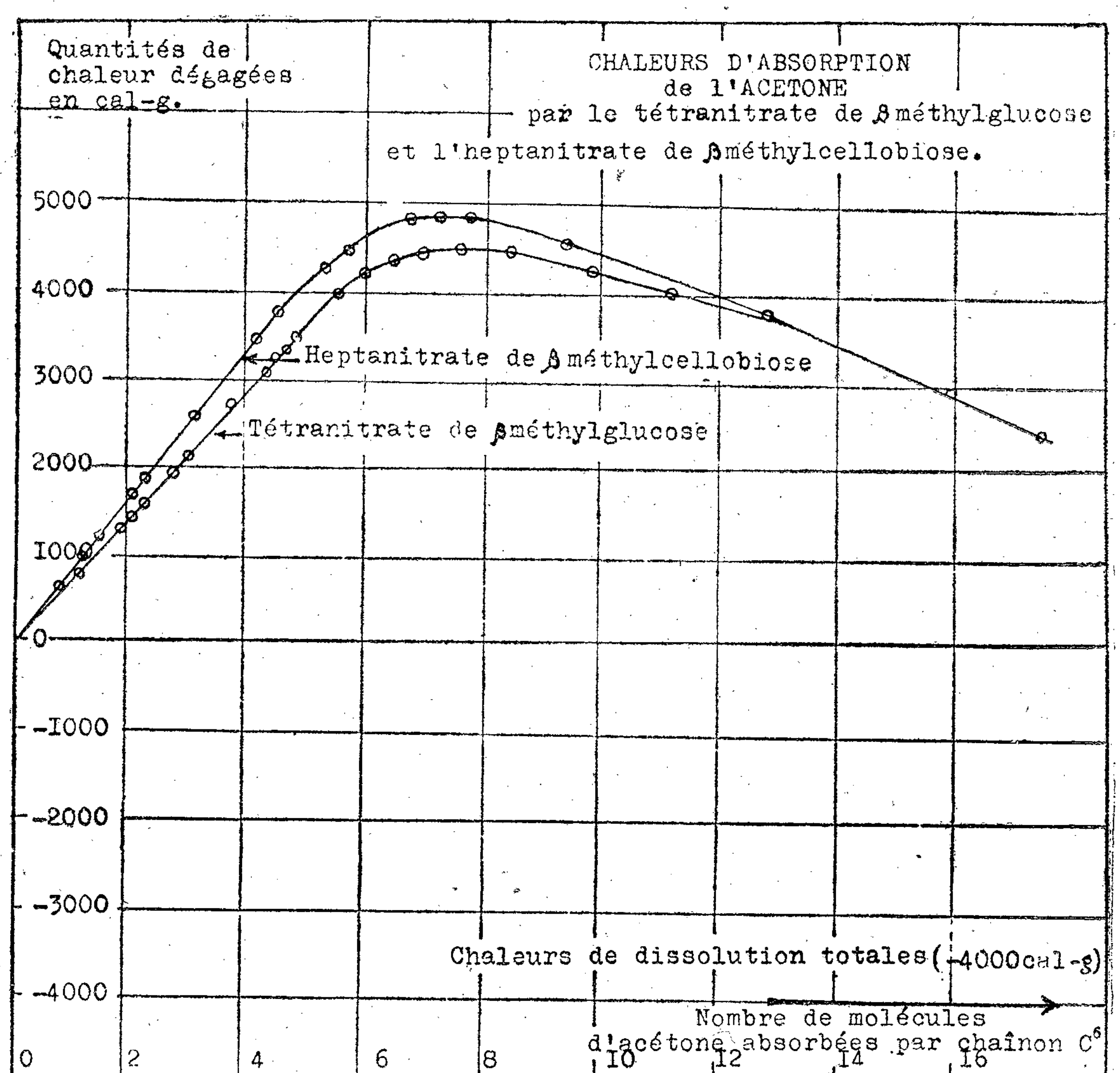
On peut évidemment appliquer aussi cette méthode au dosage d'un corps homogène : dans ce cas, l'épaisseur de la préparation aura la plus grande valeur compatible avec un temps de pose raisonnable. Au contraire, si l'on tente de faire des dosages de constituants de plus en plus petits, on sera principalement limité par la condition qu'un constituant déterminé occupe toute l'épaisseur de l'échantillon, qui devra donc être de plus en plus mince, ce qui augmente la difficulté de sa préparation et diminue la sensibilité de la méthode.

Parmi les applications possibles de cette méthode de dosage, nous signalerons en particulier, dans le domaine de la métallographie, l'analyse des phases d'un alliage, le dosage des solutions solides, l'étude quantitative des hétérogénéités d'un lingot etc. Elle s'applique quelle que soit la proportion des éléments, tandis que l'analyse spectrale quantitative est limitée au domaine des faibles concentrations.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude calorimétrique de l'absorption d'acétone par le tétranitrate de β-méthylglucose et l'heptanitrate de β-méthylcellose*. Note ([1]) de MM. **Édouard Calvet** et **Armand Maurizot**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous a étudié ([2]) au microcalorimètre à compensation par effets Peltier et Joule de A. Tian, la calorimétrie de la gélatinisation des nitrocelluloses par l'acétone. Il a paru intéressant de réduire la chaîne de nitrocellulose à un groupe cellose et à un groupe glucose et de faire l'étude calorimétrique de l'absorption d'acétone par ces derniers corps.

Nous sommes donc partis du tétranitrate de β-méthylglucose et de l'heptanitrate de β-méthylcellose qui sont des corps bien cristallisés. Nous avons pu ainsi, en même temps, voir la différence entre la calorimétrie d'une réaction de gélatinisation et d'une réaction de dissolution.




*Dispositif expérimental.* — Nous avons employé le dispositif expérimental déjà utilisé pour l'étude de la gélatinisation des nitrocelluloses par l'acétone ([2]).

*Résultats.* — Le graphique ci-dessus donne les quantités de chaleur Q

([1]) Séance du 31 août 1942.

([2]) Edouard Calvet, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 542; **213**, 1942, p. 126; *Annales Fac. Sciences de Marseille*, 1941 et 1942.

dégagées par la fixation de *n* molécules d'acétone sur un groupe $C^6$ de chacun des corps étudiés.

1° Jusqu'à $n=1$, les deux corps cristallisés *adsorbent* de l'acétone. Pour $n=1$ il y a apparition d'une phase liquide au-dessus des cristaux. La phase solide disparaît quand $n=3$ pour le nitrate de cellose et pour $n=5$ pour le nitrate de glucose.

2° Les courbes obtenues pour les deux osides étudiés sont presque superposables si l'on considère les effets thermiques produits par groupe $C^6$ d'absorbant. Elles présentent d'abord une partie rectiligne jusqu'à $n=3$; *puis un maximum de l'effet thermique au voisinage de* $n=6$. Ce maximum correspond à 5750 cal-g pour le celloside et 5400 cal-g pour le glucoside.

3° Les chaleurs de dissolution totales rapportées au groupe $C^6$ sont toutes deux négatives et égales à — 4000 cal-g.

*Comparaison avec les nitrocelluloses.* — L'existence du maximum de la chaleur dégagée au cours de l'absorption d'acétone par les nitrocelluloses a été trouvée par l'un de nous *pour la même composition de* $6^{mol}$ *d'acétone par groupe* $C^6$.

La forme des courbes $Q=f(n)$ est la même pour les osides cristallisés étudiés et les nitrocelluloses. Mais, dans le cas des nitrocelluloses, la quantité de chaleur qui correspond au maximum est environ quatre fois plus grande. D'autre part la chaleur de dissolution totale est positive pour les nitrocelluloses et négative pour les osides étudiés.

Ces différences peuvent s'expliquer en considérant que les osides étudiés sont des corps cristallisés de grande solubilité dans l'acétone, et pour lesquels la dispersion dans le solvant (effet thermique négatif) se produit en même temps que la fixation du gélatinisant (effet thermique positif), tandis que pour les nitrocelluloses la dispersion dans le solvant n'a pas lieu au début de la gélatinisation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des bases et des sels neutres sur la vitesse de photolyse des azotures alcalins en solution aqueuse.* Note (¹) de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Jacques Duclaux.

J'ai déjà donné (²) les résultats des mesures de la vitesse de décomposition des azotures alcalins et de l'acide azothydrique quand on les soumet à l'influence du rayonnement de longueur d'onde 2537 Å. J'ai, en particulier, signalé que la courbe $v=\varphi(t)$ obtenue en portant en abscisses le temps et la vitesse de photolyse en ordonnées, présentait les caractéristiques suivantes : une période d'induction, une période de croissance rapide, un palier suivi

(¹) Séance du 7 décembre 1942.
(²) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 65.

d'une décroissance. D'autre part, pour les concentrations inférieures à N/1000 l'ordonnée du palier est proportionnelle au carré de la concentration.

En faisant ces mesures, j'avais constaté que l'addition de base déterminait une augmentation de la vitesse de réaction. On obtient un résultat identique avec des sels neutres ($SO^4K^2$, $SO^4Na^2$, NaCl, KCl). J'ai étudié systématiquement le phénomène en suivant la réaction par la méthode colorimétrique avec des solutions des divers azotures ($N^3Na$, $N^3K$, $N^3Li$) contenant NaOH, KOH ou LiOH aux concentrations N/10000, N/1000, N/100, N/10, et N. L'expérience montre que l'influence de ces corps entraîne une modification profonde de la courbe $v = \varphi(t)$ : la période de latence est extrêmement réduite, le maximum de vitesse $V_m$ est atteint beaucoup plus tôt et d'autant plus vite que la quantité $c$ de base ajoutée est elle-même plus grande, la valeur de la vitesse au palier augmente avec $c$.

Dans tous les cas les effets observés sont indépendants du cation associé.

Ces résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

*Résultats indépendants du cation-concentration en azoture* N/1000.

| C. | Vitesse de décomposition en mol.-g/min. durée d'induction. | vitesse au palier $V_m$. | Temps nécessaire pour atteindre le palier. |
|---|---|---|---|
| O | $18^m$ | $10^{-5}$ | $33^m$ |
| N/10000 | $3^m$ | $1,5.10^{-5}$ | $6^m$ |
| N/1000 | $1^m,30^s$ | $3,3.10^{-5}$ | $2^m$ |
| N/100 | $0^m,30$ | $6,25.10^{-5}$ | $1^m,30^s$ |
| N/10 | $0^m,30$ | $10^{-4}$ | $1^m,30$ |
| N | $0^m,12$ | $1,3.10^{-4}$ | $0^m,24$ |

Si l'on opère à de plus faibles concentrations en azoture, on trouve des résultats semblables, mais la loi du carré de la concentration n'est plus vérifiée. Le tableau suivant indique pour $c =$ const. les valeurs de $V_m$ correspondant à plusieurs concentrations en azoture.

| | C. | 0,0001 N. | 0,001 N. | 0,01 N. | 0,1 N. |
|---|---|---|---|---|---|
| Concentration en azoture | 0,001 N | $1,7.10^{-5}$ | $3,3.10^{-5}$ | $6,25.10^{-5}$ | $1.10^{-4}$ |
| | 0,0005 N | $1,5.10^{-5}$ | $3,3.10^{-5}$ | $5.10^{-5}$ | |
| | 0,0002 N | $10^{-6}$ | $3.10^{-6}$ | | |

Vitesse en mol.-g/min.

D'autre part on constate expérimentalement que la constante de vitesse est indépendante du pH. Le degré d'hydrolyse ne peut, par ailleurs, jouer aucun rôle; en effet, s'il en était autrement, l'effet devrait être inversé, car $N^3H$ se décompose plus vite que $(\overline{N^3})$. Il semble donc que le phénomène observé avec les bases ne soit dû qu'à l'augmentation de la force ionique, à l'exclusion de toute intervention du pH ou de l'hydrolyse.

Aussi ai-je refait les mêmes expériences en ajoutant des sels neutres ($SO^4Na^2$, $SO^4K^2$, Na Cl, KCl) de façon à réaliser les mêmes forces ioniques que ci-dessus. Les résultats ont été qualitativement les mêmes, mais quantitativement, j'ai constaté des écarts assez importants entre les vitesses au palier dans le cas des bases et dans celui des sels. J'ai aussi obtenu des vitesses différentes suivant que le sel ajouté était un sulfate ou un chlorure. Le pH et l'hydrolyse n'intervenant pas et la force ionique étant la même dans les deux cas, il semble que les différences observées pour les sels neutres soient dues à l'action des anions.

Parallèlement à cette étude cinétique, j'ai étudié l'absorption optique des mêmes solutions. De ces mesures on déduit immédiatement l'absorption due à l'azoture si l'on connaît celle due à la base.

Comme pour les vitesses de réaction, le phénomène est indépendant du cation. D'autre part, on constate une augmentation très nette du coefficient d'absorption K avec la force ionique F. Les courbes qui donnent pour une longueur d'onde déterminée K en fonction de F, présentent la même allure que celles qui donnent la vitesse au palier $V_m$ en fonction de la force ionique. En ajoutant des sulfates et des chlorures, j'ai également observé des augmentations de K; mais, comme pour les vitesses de réaction, ces augmentations ne sont égales, ni entre elles, ni à celles obtenues avec les bases.

COLLOÏDES. — *Nouvelle méthode de déminéralisation des gélatines.* Note de M. **Albert Rousselot**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Les colles et gélatines techniques, dont le constituant fondamental est une protéine, contiennent toujours une certaine quantité d'eau, de produits organiques de dégradation et de matières minérales.

Il est souvent indispensable d'utiliser des gélatines ne contenant pas d'impuretés salines. De nombreux procédés ont été préconisés pour obtenir cette déminéralisation : dialyse (¹), autodialyse (²), électrodialyse (¹), congélation fractionnée (¹), électrolyse (³), ultrafiltration (⁴).

Toutes ces méthodes conduisent à l'obtention de gélatines parfaitement déminéralisées, mais, par des mesures de force en gelée et d'indice d'aldéhyde formique (⁵), nous avons constaté que la teneur en protéines était fortement augmentée. Pour certains usages, il est utile d'employer des gélatines privées d'impuretés minérales, mais contenant encore tous leurs produits d'hydrolyse.

(¹) Dhéré et Gorgolewski, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 934.
(²) Loeb, *J. Gen. Physiol.*, **1**, 1918, p. 237.
(³) Swyngedauw, *Électrolyse et Electroosmose dans la gélatine*, p. 76.
(⁴) Bechold et Rosenberg, *Biochem. Z.*, **157**, 1925, p. 85.
(⁵) A. Rousselot, *Science et Ind. Photo.g*, **9**, 1938, p. 162.

L'utilisation de certains échangeurs d'ions $H^+$ et $OH^-$ permet d'obtenir facilement un tel résultat. Le plus favorable pour l'échange des cations est une résine artificielle produite par condensation de méthanal et de polyphénols en milieu fortement acide, mais, en principe, on peut employer toute substance ayant une fonction acide, et insoluble à la fois à l'état d'acide et de sel. Ces corps, mis en présence d'une solution saline, remplacent le cation de cette solution par un ion $H^+$.

Les échangeurs d'ions $OH^-$ peuvent être des produits de condensation d'aldéhydes sur des bases aromatiques, ou, en principe, toute substance ayant une fonction basique et insoluble à la fois à l'état de base et de sel. Ces corps, mis en présence d'une solution saline, remplacent l'anion de cette solution par un ion $OH^-$. On voit que, par l'emploi successif de ces deux échangeurs, une molécule de sel contenue dans une solution pourra être remplacée par une ou plusieurs molécules d'eau.

Nous avons d'abord étudié l'élimination des ions $Al^{+++}$, $Mg^{++}$, $Ca^{++}$, $Ba^{++}$, $SO^{4--}$ ajoutés à une solution de gélatine à raison de $1^g$ par litre environ. L'échangeur employé est une résine résorcine-formol. La solution de gélatine, artificiellement enrichie en sel, passe sur une colonne d'échangeur d'environ $15^{cm}$. La température est maintenue constante par circulation de vapeur d'acétone dans une double enveloppe de verre. Les ions sont ensuite recherchés dans le filtrat [6]. La réaction est négative tant que la résine n'est pas saturée d'ions métalliques. Les limites de sensibilité des caractérisations, déterminées pour chaque ion en présence de gélatine à 10 %, sont, exprimées en grammes par centimètre cube, $6.10^{-6}$ pour $Al^{+++}$, $10^{-4}$ pour $Mg^{++}$, $3.10^{-5}$ pour $Ba^{++}$ et $5.10^{-5}$ pour $SO^{4--}$.

En opérant de cette manière sur des solutions de gélatine commerciale à 1 ou 2 %, la déminéralisation se fait mal. Les impuretés minérales ne sont que partiellement retenues, et il y a une forte adsorption de la gélatine à la surface des grains d'échangeur. En solution à 8, 10 ou 15 %, la déminéralisation est pratiquement totale, et l'on note même une légère décoloration de la solution de gélatine. Les résultats sont identiques en utilisant des solutions de colle.

Si l'on calcule le *pouvoir d'échange total* P, c'est-à-dire la quantité d'ions métalliques que peuvent retenir $100^g$ de résine avant que le cation ne puisse être caractérisé dans le filtrat, on constate que ce pouvoir est constant si cette quantité est exprimée en équivalents électrochimiques. Par exemple P est égal à 0,064 pour l'aluminium, 0,067 pour le magnésium et 0,070 pour le baryum. Ceci montre bien que le phénomène d'échange est une véritable combinaison stœchiométrique.

Par exemple, pour une gélatine commerciale de point isoélectrique 4,7, dont le pH est de 6,06, c'est-à-dire formée en majeure partie de gélatinate de

---

[6] G. Charlot, *Nouvelle méthode d'analyse qualitative*, 1942.

calcium, on pourrait admettre la réaction

$$(NH^2-R-COO)^2Ca + 2X-H \rightarrow 2NH^2-R-COOH + X^2Ca,$$

X—H représentant schématiquement la molécule d'échangeur. Puisque deux ions $H^+$ remplacent un ion $Ca^{++}$, le pH doit diminuer : on constate qu'il passe à 4,92.

Le pouvoir d'échange ne dépend pas de la surface des grains d'échangeur, même lorsque celle-ci varie dans le rapport de 1 à 4.

Des déterminations de teneur en cendres de diverses colles et gélatines avant et après passage sur l'échangeur montrent que la déminéralisation est pratiquement complète. Par exemple, pour une gélatine d'osséine chaulée, la teneur en cendres passe de 1,85 % à moins de 0,08 %.

D'autre part, en effectuant des mesures d'indice d'aldéhyde formique, nous avons vérifié que la teneur en protéines reste inchangée.

Dans certains cas, l'emploi des échangeurs d'ions peut permettre l'obtention rapide de gélatine isoélectrique. Nous avons vu plus haut l'exemple d'une gélatine pour laquelle le pH tombe de 6,06 à 4,92 après son passage sur l'échangeur. Une telle gélatine ([7]) ne contient presque pas de produits d'hydrolyse. Si nous avions ajusté son pH à la valeur de 5,84, nous aurions obtenu un filtrat formé de protéines privées de matières minérales, et à un pH de 4,7, donc constitué par de la gélatine isoélectrique.

Pour une gélatine commerciale de point isoélectrique 7, et de pH 5, il faudrait soit ajuster la solution à un pH convenable, soit utiliser un échangeur d'anions pour augmenter le pH abaissé par passage sur l'échangeur de cations.

Il faut noter que le pouvoir d'échange varie avec le pH. Par exemple, pour la résine résorcine-formol, il décroît lorsque le pH diminue, et s'annule pour pH 1,6, cette valeur étant caractéristique de l'échangeur étudié.

DIFFRACTION MOLÉCULAIRE. — *Sur la dépolarisation des raies Raman des molybdates en solution aqueuse.* Note de Mlle **Marie Théodoresco**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons publié une grande partie de nos résultats sur les spectres Raman des molybdates neutres de sodium et de potassium en solution aqueuse ([1]), ([2]). Nous les complétons par une étude de la dépolarisation des raies Raman. *Une seule raie polarisée* caractérise chacun de ces spectres, 897 $cm^{-1}$ pour le molybdate neutre de sodium et 894 $cm^{-1}$ pour le molybdate neutre de potassium.

---

([7]) Gélatine qualité CNI de la Compagnie Centrale Rousselot.

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1649; 206, 1938, p. 753.

([2]) E. Darmois et Mlle Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1309.

C'est la raie très intense du *paquet caractéristique* des molybdates. Elle résulte des oscillations symétriques de valence de l'ion $MoO^{4--}$ hydraté.

L'étude de la dépolarisation des raies Raman nous a permis de trouver les composantes de la bande large qui accompagne la raie polarisée de chacun de ces spectres (l'ensemble forme le paquet caractéristique). Les voici : 799?, 824, 839, 853 cm$^{-1}$ à la place du maximum repéré sur les spectres qui sont la résultante des deux vibrations verticales et horizontales I et *i*. Ces raies ont des états de dépolarisation qui diffèrent de l'une à l'autre. Remarquons que deux de ces fréquences 824 et 853 cm$^{-1}$ correspondent aux fréquences 821 et 851 cm$^{-1}$ des spectres des cristaux de $MoO^4K^2$ (²), corps anhydre. D'autre part, le paquet caractéristique de l'ion $MoO^{4--}$ anhydre renferme seulement trois raies (l'une d'entre elles est la raie polarisée), alors que seule la bande large qui accompagne la raie polarisée de l'ion hydraté a au moins quatre composantes. On pourrait admettre comme première hypothèse que les molécules d'eau de l'ion hydraté réduiraient le nombre d'éléments de symétrie de l'ion anhydre. Il se pourrait aussi qu'il y ait deux formes voisines de l'ion hydraté, deux modes d'accrochage des molécules d'eau étant possibles.

La bande large dont le maximum a pour fréquence 316 cm$^{-1}$ semble se dédoubler sur les enregistrements dont les spectres *i* et I sont photographiés séparément.

Dans l'hypothèse d'après laquelle l'ion anhydre aurait une structure tétraédrique, nous avons essayé d'appliquer les relations données par Radokovic qui tient compte des forces centrales. Les résultats ne peuvent convenir. D'autre part le facteur de dépolarisation de la raie polarisée semble assez fort. Nous pensons donc que si les atomes de l'*ion anhydre* se groupent suivant un tétraèdre, ce *tétraèdre n'est pas régulier*. Mais, si nous admettons une structure tétraédrique pour l'ion anhydre, il semble (³) que nous pouvons maintenir notre ancienne hypothèse (²) sur l'ion hydraté : celui-ci formerait un tétraèdre irrégulier plus ou moins déformé : il y aurait peut-être même deux groupes de tétraèdres, étant donné ce que l'on a vu plus haut.

Le paramolybdate d'ammonium auquel la formule de Delafontaine $7MoO^3$, $3(NH^4)^2O$, $4H^2O$ semble le mieux convenir, et le paramolybdate de sodium $7MoO^3$, $3Na^2O$, $22H^2O$, en solution aqueuse, ont aussi *une seule raie polarisée* 938 cm$^{-1}$. Elle correspond à l'unique raie Raman polarisée de l'acide métamolybdique (⁴) 950 cm$^{-1}$. C'est donc bien une raie résultant des oscillations symétriques de valence de l'individu $MoO^3$. Malgré notre persévérance, nous n'avons jamais retrouvé, sur les nombreux spectres Raman que nous avons obtenus des paramolybdates en solution aqueuse, la raie 853 cm$^{-1}$, que nous considérons jusqu'ici comme caractéristique du groupement tétra ou métamolybdique.

(³) M$^{lle}$ MARIE THÉODORESCO, *Thèse*, Paris, 1942, n° 2861.

(⁴) M$^{lle}$ MARCELLE MURGIER et M$^{lle}$ MARIE THÉODORESCO, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 28.

Étant donnés nos résultats, nous attribuons aux oscillations internes de l'individu $MoO^3$ la raie polarisée et la bande qui l'accompagne d'une part et d'autre part les bandes dont les fréquences beaucoup plus faibles ont pour maxima 211 et 349 cm$^{-1}$. Si nous ne pouvons pas admettre pour $MoO^3$ une structure pyramidale ([4]) à symétrie $C_{3v}$, nous ne sommes pas non plus en mesure de lui accorder une configuration plane à symétrie $D_{3h}$. La structure de l'individu $MoO^3$ entrant en composition pour former des molécules plus ou moins complexes ne peut être classée pour le moment. Remarquons que $MoO^3$ est la plus stable des associations entre atomes de molybdène et atomes d'oxygène ([5]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation et la préparation d'un polymère nouveau de l'acétaldéhyde.* Note de MM. **Maurice Letort** et **Xavier Duval**, présentée par M. Jacques Duclaux.

1. En 1933, l'un de nous ([1]), préparant de l'acétaldéhyde pur privé d'air dissous, a observé fortuitement que ce produit, traité à très basse température, peut se transformer pour donner à température ordinaire une gelée translucide incolore. Cette gelée, soumise à une forte aspiration, laisse un produit solide élastique qui, au bain-marie, régénère l'aldéhyde. Dans des conditions analogues, M. W. Travers ([2]) a observé également la formation d'une gelée et A. Staudinger ([3]) a émis l'opinion que ce nouveau polymère serait un polyacétaldéhyde

$$-\underset{\substack{|\\CH^3}}{CH}-O-\underset{\substack{|\\CH^3}}{CH}-O-\underset{\substack{|\\CH^3}}{CH}-O-,$$

du même type que les polyoxyméthylènes.

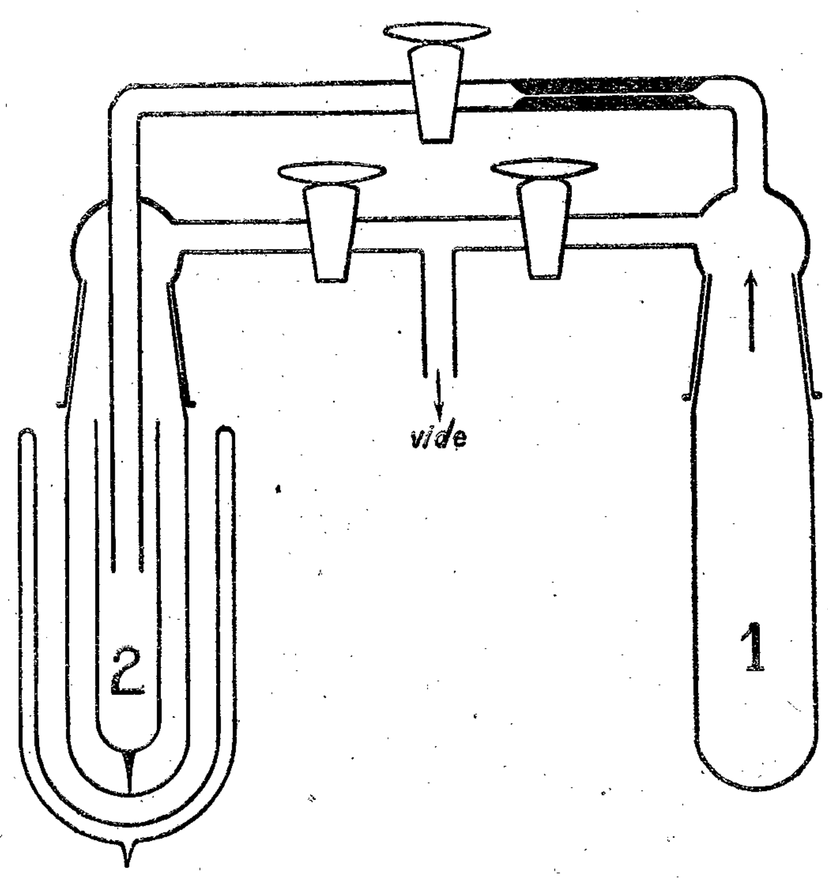
Nous sommes revenus sur l'étude de ce phénomène afin de rechercher exactement les conditions de formation et les propriétés de ce polymère, ou plus vraisemblablement de ces polymères, car il est permis de penser qu'il en est de l'acétaldéhyde comme du formaldéhyde et qu'il s'agit en fait d'une nouvelle série de *hauts polymères* plus ou moins condensés suivant les conditions de formation. Ces produits paraissent intéressants pour le physicochimiste. En particulier nous avons observé qu'ils ont l'avantage sur les polyoxyméthylènes de se dissoudre, après gonflement, dans plusieurs solvants organiques et de s'y conserver sans altération apparente. De ces recherches nous décrirons ici une méthode qui permet de préparer ces polymères avec un rendement notable.

2. Contrairement à ce que les observations préliminaires permettaient de supposer, la formation de ces polymères ne dépend ni du haut degré de pureté

([1]) Maurice Letort, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 767.
([2]) *Trans. Far. Soc.*, 32, 1936, p. 246.
([3]) *Trans. Far. Soc.*, 32, 1936, p. 249.

de l'aldéhyde, ni de l'absence d'oxygène, ni de la paroi. Pour obtenir ces polymères, il suffit de refroidir l'acétaldéhyde (redistillé ou non, à l'abri de l'air ou non) dans une zone de température que nous n'avons pas encore le moyen de déterminer exactement, mais qui est inférieure à —80°C. et vraisemblablement voisine de la température de solidification (—123°,5C.) de l'acétaldéhyde. Nous avons observé qu'en maintenant de l'acétaldéhyde liquide en équilibre pendant plusieurs heures avec sa phase solide, ce produit, revenu à la température ordinaire, se présente comme un liquide épais, de mobilité analogue à celle de la glycérine. Nous obtenons le même résultat en plaçant 10$^{cm^3}$ d'acétaldéhyde dans un gros tube à essai, que nous plongeons dans l'air liquide en le protégeant d'un refroidissement rapide par un manchon d'air. L'aldéhyde se solidifie en 2 heures environ. Retiré de l'air liquide et réchauffé rapidement à la température ambiante, le produit est épaissi comme dans l'expérience précédente.

3. Nous obtenons un produit apparemment plus condensé avec un rendement notable par le procédé suivant. L'appareil, en verre pyrex, est figuré sommairement ci-dessous. Deux gros tubes, munis de rodages normalisés




qui permettent de les démonter facilement, sont reliés (par l'intermédiaire d'un piège à air liquide) à une pompe à vide et réunis entre eux par un ajutage plongeant à mi-hauteur de l'un d'eux. Le tube 2 contient un manchon intérieur supporté par une pointe fine en verre. Le rôle de ce manchon est d'assurer un refroidissement ménagé, comme précédemment.

Le vide se fait dans le tube 2. Le tube 1, contenant l'acétaldéhyde, est refroidi brutalement dans l'air liquide et, l'aldéhyde étant solidifié, évacué d'air. On laisse se réchauffer l'aldéhyde. Le tube 2 est alors plongé dans l'air liquide et les deux parties de l'appareil sont mises en communication par le tube de

jonction. L'aldéhyde doit distiller *lentement*, par évaporation du tube 1 dans le manchon intérieur du tube 2. On règle la vitesse de passage de façon que $10^{cm^3}$ distillent en 2 heures environ. Ce réglage est opéré soit par un capillaire thermométrique placé sur le tube de communication, l'aldéhyde étant à la température ordinaire, soit en maintenant l'aldéhyde dans la neige carbonique. L'aldéhyde se condense entièrement dans le manchon intérieur, principalement dans la partie supérieure de celui-ci, sous forme d'une masse d'apparence cristalline qui, réchauffée rapidement, colle à la paroi sans couler au fond du tube. C'est un produit translucide, incolore, sentant fortement l'aldéhyde, rigide, adhérant fortement aux doigts et étirable en longs fils. Une aspiration poussée en sépare une masse parfaitement inodore, incolore, sèche, élastique, à laquelle l'éclatement d'une infinité de petites bulles donne généralement l'aspect d'une éponge. Cette matière représente en moyenne 15 % en poids de l'aldéhyde utilisé. Il est évidemment loisible d'augmenter ce rendement en répétant l'opération sur l'aldéhyde non polymérisé.

4. Ce produit sec se conserve assez bien à l'air dans les conditions ordinaires. Deux échantillons d'origine différente ont perdu 9 % de leur poids en 40 jours (8,5 % l'un et 9,5 % l'autre), cette perte se ralentissant à mesure que le temps croît (3,7 % dans les 10 premiers jours et 1,7 % pendant les 10 derniers). Le produit semble subir seulement une sorte de fusion; les aspérités s'arrondissent, les petites alvéoles se rassemblent en grosses bulles qui, elles-mêmes, disparaissent lentement, la masse s'affaisse légèrement devenant translucide et homogène comme un verre.

5. Jusqu'ici des traitements analogues appliqués à l'aldéhyde propionique, soit avec l'air liquide, soit avec la neige carbonique, sont restés sans effet.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'union labile de l'oxygène au carbone. Étude manométrique de la photooxydation.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Jean Le Bras**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans nos préparations ordinaires des photooxydes aux dépens de l'air ambiant, nous n'avons pas à nous préoccuper de l'oxygène en tant que deuxième partenaire de la réaction. Il y avait pourtant intérêt à connaître les mouvements de ce réactif au cours du processus photochimique. Nous présentons une première série d'expériences qui, sans constituer strictement une recherche d'ordre cinétique, forme un préambule nécessaire à l'étude cinétique proprement dite.

On a exposé pendant 31 jours consécutifs au soleil du mois de mai des ampoules contenant des solutions sulfocarboniques de divers corps photooxydables, en atmosphère d'oxygène pur. Des manomètres à mercure permettaient de suivre l'absorption du gaz. Afin d'avoir des variations plus accentuées de la pression, on a opéré en concentrations beaucoup plus grandes (5 à 10 fois) que pour préparer les photooxydes.

Les corps essayés ont été les suivants : anthracène ($C^{14}H^{10}$), mésodiphénylanthracène ($C^{26}H^{18}$), naphtacène ($C^{18}H^{12}$), mésotétraphénylnaphtacène (rubrène) ($C^{42}H^{28}$), mésodiacétoxyanthracène (ester diacétique de l'anthrahydroquinone) ($C^{18}H^{14}O^{4}$), mésodiphényldianthranyle ($C^{40}H^{26}$). Les vitesses initiales d'oxydation se rangent dans l'ordre décroissant suivant : rubrène, naphtacène, diphénylanthracène, anthracène, diphényldianthranyle, diacétoxyanthracène. Les deux derniers s'oxydent d'une manière continue, mais avec une extrême lenteur; les autres s'arrêtent après quelques heures d'oxydation rapide, coupée (rubrène, naphtacène) ou non par un palier intermédiaire. En aucun cas cette limite ne correspond exactement à une valeur stœchiométrique simple; le diphénylanthracène fixe 80 % seulement de molécule d'oxygène, alors que l'anthracène, le naphtacène et le rubrène en absorbent plus d'une molécule, les chiffres oscillant entre 110 et 140 %. L'oxygène n'ayant été mis qu'en faible excès pour accroître les dénivellations du manomètre, l'arrêt de la réaction aurait pu être dû au manque de gaz, ou plutôt à sa trop faible pression. Quelques essais ont été faits avec plus de larges excédents d'oxygène, le double et vingt fois plus, sans changer les résultats. Il s'ensuit que le supplément d'oxygène absorbé au delà d'une molécule n'a pas été transféré au solvant par le photooxyde, comme on aurait pu le supposer, parce que, en pareil cas, l'oxydation aurait pris le tour catalytique, ou du moins n'aurait été arrêtée chaque fois que par la raréfaction du gaz. On n'a d'ailleurs pas manqué de vérifier qu'un témoin à sulfure de carbone seul ne manifestait que de faibles variations de pression : il ne se produit, à la longue, qu'un léger accroissement dont il n'a pas été tenu compte en première approximation.

Une autre particularité importante à souligner est l'arrêt à 80 % de la photooxydation du diphénylanthracène. La première idée qui vient à l'esprit est l'existence d'un équilibre de photooxydation, notion déjà évoquée à maintes reprises dans les publications antérieures, et dont il est difficile d'établir expérimentalement la réalité, comme on va le voir une fois de plus. En l'occurrence l'équilibre, s'il existe, n'est pas la cause de la limitation; celle-ci n'est pas influencée, en effet, par un changement de pression résiduelle d'oxygène, le double par exemple. De plus, argument plus catégorique, le peroxyde est détruit par la lumière et ne subsiste pratiquement plus (5 % seulement) à la fin de l'essai; rien ne s'opposait donc à une photooxydation progressive des 20 dernières parties de l'hydrocarbure. La seule interprétation vraisemblable est d'admettre que ces 20 parties ne se photooxydent pas parce qu'elles n'existent plus, ayant été détruites au cours de la photooxydation des 80 premières. Ce fait corrobore de manière précise une observation très générale enregistrée dans les nombreuses photooxydations que nous avons eu à pratiquer dans le passé : une part plus ou moins notable du produit échappe à la réaction et se retrouve à la fin, non sous sa forme primitive, mais à l'état de résines incristallisables. Nous supposions que cette perte était due à

une destruction photochimique du peroxyde; mais les nouveaux essais démontrent une attaque du substrat avant sa photooxydation, sans quoi la consommation d'oxygène serait théorique dans tous les cas, quel que soit le rendement effectif en photooxyde. Le phénomène se manifeste peut-être plus nettement encore avec le rubrène qui a totalement disparu (liqueur décolorée) au moment du palier intermédiaire mentionné plus haut, alors que l'oxygène consommé n'est encore qu'à 70 % de la théorie.

On conçoit que la proportion de corps photooxydable ainsi détruite avant d'être photooxydée soit essentiellement variable. Elle doit dépendre avant tout de la nature des corps; c'est ainsi que les anthracènes méthoxylés sont particulièrement sensibles, au point que, pour certains d'entre eux (diméthoxy 1-5 par exemple), le photooxyde n'est pas isolable en sulfure de carbone. Les conditions opératoires doivent avoir aussi une grande influence, surtout celles qui agissent sur la vitesse d'oxydation. Ainsi se trouvent justifiées nos observations empiriques (*Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 349) tendant à faire considérer comme favorable au rendement tout ce qui accroît la vitesse de réaction, principalement l'intensité lumineuse et, plus encore, la dilution qui, en écartant les molécules, leur évite de « s'ombrager » mutuellement, tout en diminuant le nombre de leurs rencontres et des attaques consécutives. Nous nous sommes bien trouvés parfois de diluer jusqu'au dix-millième et davantage. Il n'est donc pas étonnant que, par un mode opératoire approprié, on ait obtenu antérieurement des rendements de l'ordre de 95 % en photooxydiphénylanthracène, alors que, dans les essais relatés plus haut, la limite supérieure ne dépasse pas 80 %.

Quant à la réaction accessoire intervenue, sa nature reste inconnue. On est surpris de cette sensibilité à la résinification de molécules robustes comme celles d'anthracène et surtout de mésodiarylanthracènes, dont les structures sont par ailleurs si résistantes aux agents chimiques et physiques. On ne peut que se référer au pouvoir polymérisant général des peroxydes, en attendant d'avoir réussi à isoler le produit de cette singulière transformation.

Il n'y a pas à insister sur l'intérêt de la connaissance de ces faits pour les études cinétiques de la photooxydation et pour les conclusions à en tirer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'ammoniac sur les diesters tartriques. Tartrimides* $C^4H^5O^4N$. Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue d'une étude des amides tartriques, j'ai préparé ceux-ci par la vieille méthode de Demondésir (1851), réaction du *d*-diester tartrique sur l'ammoniac; méthode également suivie par Pasteur (1853) lors de son travail sur le *d*-tartramide, puis par Frankland et Slator (1903), Weerman (1917), Coops et Verkade (1925) et Yen ki Heng (1934). Malgré ces travaux il subsistait,

dans la préparation, une singularité qui fut révélée par l'examen du produit brut de la réaction.

Une solution alcoolique anhydre à 25 % de *d*-tartrate diéthylique ou diméthylique, saturée d'ammoniac sec, fut abandonnée à elle-même pendant 8 jours ou plus; les cristaux obtenus, en proportions sensiblement théoriques, possèdent bien la teneur en azote du tartramide, 18,90 au lieu de 18,92 %, mais ils en diffèrent notablement par leurs propriétés. Effectivement, ils possèdent un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$ 140° (eau, *c* 3,6 %), alors que celui du tartramide est seulement de 111°,6 (Fr. et Sl. indiquent 108°); comme le pouvoir rotatoire de l'amide ester, $NH^2.CO.CHOH.CHOH.CO^2C^2H^5$, F 142°, que j'ai préparé spécialement en n'employant que 1$^{mol}$ de $NH^3$ pour 1$^{mol}$ de diester, donne $[\alpha]_D$ 70° (eau, *c* 1,4 %) et que les dosages d'azote n'auraient pas concordé avec les teneurs d'un mélange uniquement formé de tartramide et d'ester tartramique, ce que Weerman avait supposé, il fallait penser qu'il y avait quelque corps nouveau, très actif, dans la masse. En fait, les cristaux recueillis donnent une solution aqueuse fortement alcaline et, chose singulière, cette alcalinité disparaît peu à peu en même temps que le pouvoir rotatoire s'abaisse. Voici les résultats d'une détermination sur la solution aqueuse, *c* 3,6 % (dosages sur 2$^{cm^3}$).

| Temps en minutes | 0. | 7. | 45. | 60. | 120. | 210. | 1100. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $[\alpha]_D$ (°) | » | 140 | 129 | 123 | 118 | 108 | 97 |
| $NH^3$ libre *n*/10 ($cm^3$) | » | 1,75 | 1,40 | 1,30 | 0,90 | 0,50 | 0,1 |

Si, comme les auteurs antérieurs l'ont fait, on purifie le produit brut par recristallisation dans l'alcool aqueux, on obtient 64 % de tartramide et 34 % de tartramate d'ammonium; de ce dernier on retire l'acide *d*-tartramique $[\alpha]_D$ 63° (eau, *c* 3,7 %), F 206° (fus. inst.).

Ces différents faits conduisent à l'hypothèse que le tartramide est accompagné d'une substance de même composition, qui ne peut être que le sel ammoniacal du tartrimide (I), encore inconnu. L'alcalinité initiale s'explique par la dissociation de ce sel par l'eau, la disparition de l'alcalinité, par la saponification en tartramate d'ammonium (II) qui est neutre :

$$(I)\quad \begin{matrix} CHOH.CO \\ \vdots \\ CHOH.CO \end{matrix}\!\!>NH.NH^3 + OH^2 = \begin{matrix} CHOH.CONH^2 \\ \vdots \\ CHOH.CO^2NH^4 \end{matrix}\quad (II)$$

La même réaction a lieu en milieu hydroalcoolique. Il fallait donc enlever d'abord l'ammoniac pour isoler l'imide. Pour faire partir l'ammoniac, il suffit de traiter par l'acide acétique, ou mieux d'exposer le produit brut à l'action du vide dans une cloche au-dessus d'acide sulfurique. Pratiquement, il faut plus d'une semaine de vide; la perte d'alcalinité, 4,7 % en $NH^3$, correspond d'ailleurs à celle qu'on avait dosée; elle indique la présence d'environ 30 % d'imide, dont la formation était jusqu'ici ignorée. Ceci est d'autant plus

intéressant que A. Ladenburg [1] disait que le tartrimide simple, à l'inverse de ceux substitués à l'azote, ne pouvait être obtenu d'après les méthodes connues.

*d-Tartrimide* $C^4H^5O^4N$. — Le tartramide étant très peu soluble dans l'alcool et l'acétone, on sépare le tartrimide du mélange désammonié par extraction à chaud dans l'alcool absolu et on le purifie par cristallisation dans l'acétone bouillante. F 218°; N % 10,97 au lieu de 10,68; $[\alpha]_D$ 198°, eau *c* 1,06 %; 226°, alcool *c* 0,26; 247°, eau + 1$^{mol}$ $NH^3$ *c* 1,1; 254°, eau + 1$^{mol}$ HONa *c* 1; 201°, eau + 1$^{mol}$ ClH *c* 1. Solubilité à 20° en 100 parties d'alcool, 1,1; très soluble dans l'eau. En solution aqueuse neutre ou acide à 20°, l'imide est relativement stable (3,5 % d'hydrolyse en 3 jours); l'hydrolyse a lieu plus vite à 100° (33 % en 3 heures); par contre, en solution alcaline à 1 % et à 20° l'imide s'hydrolyse rapidement; au bout de 3 heures la valeur du pouvoir rotatoire a diminué de moitié et, ce qui est singulier, la vitesse est la même avec l'ammoniaque qu'avec la soude.

Le caractère imide est bien confirmé par la préparation des dérivés argentique et mercurique. Le *d-tartrimide argentique* $C^4H^4O^4NAg$ est en cristaux aiguillés; N % 5,78; Ag % 44,01; calc. 5,88 et 45,34. Le *d-tartrimide mercurique* $C^8H^8O^8N^2Hg.2OH^2$ cristallise en paillettes renfermant 2$^{mol}$ d'eau de cristallisation; perte % à 103°, 6,14; calc. 7,25. Le sel anhydre, laissé à l'air, reprend intégralement l'eau perdue, N % 5,8; Hg % 40,36; calc. 5,64 et 40,29.

*d.l-Tartrimide.* — Le *d.l*-tartrate diéthylique traité par l'ammoniac, dans les conditions précédentes, fournit un dépôt de cristaux présentant les mêmes caractères chimiques que ceux du dérivé dextrogyre : leur solution aqueuse est alcaline et l'alcalinité disparaît également en quelques heures; de même dans le vide, les cristaux subissent une perte de poids correspondant à l'ammoniac dosé. Toutefois, la perte de poids demande plus de deux mois au lieu d'une semaine avec le mélange dextrogyre. Du mélange privé de son ammoniac, on retire par l'alcool en suivant le processus déjà indiqué d'une part, une fraction soluble composée de 28 % de *d.l*-tartrimide au lieu de 30 dosé, F 206°, N % 10,67, assez soluble dans l'eau, solubilité à 17° en 100 parties d'alcool 0,7; il est accompagné de 7 % de *d.l*-tartramate d'éthyle, F 134°; N % 8,14, calculé $C^6H^{11}O^5N$, 7,91 %; d'autre part, la partie insoluble représente 61 % de *d.l*-tartrimide, F 240°. Le *d.l*-tartrimide fournit facilement un dérivé argentique cristallisé en aiguilles; Ag % 44,55 et un *d.l*-tartrimide mercurique en paillettes contenant 1,5 $OH^2$ de cristallisation, Hg % 40,97; perte de poids à 103°, 4,61 %; anhydre, le sel reprend à l'air le poids du sel hydraté.

Enfin le *i*-tartrate diéthylique traité par l'ammoniac fournit 90 % des cristaux attendus; N % 18,26; mais ceux-ci ne subissent aucune perte de poids dans le vide et leur solution aqueuse est neutre. L'extraction à l'alcool fournit des cristaux fus. à 192° identiques à ceux restés insolubles et correspondant au *i*-tartramide; il n'a pas été possible de mettre en évidence la présence du *i*-tartrimide.

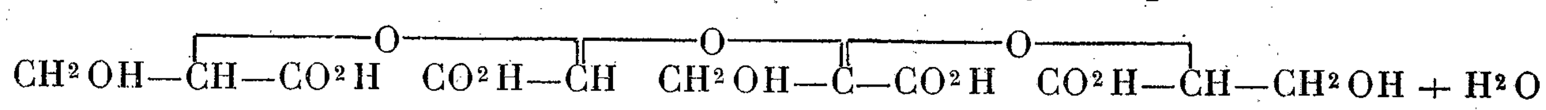
---

[1] *Ber. d. chem. Ges.*, **29**, 1896, p. 2710.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constitution du tétracide dérivé du saccharose par oxydation au moyen de l'acide periodique, puis du brome.* Note de MM. **Paul Fleury** et **Jean Courtois**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré ([1]) qu'une molécule de saccharose est oxydée par trois molécules d'acide periodique. Les fonctions glycol-$\alpha$ sont seules oxydées et les ponts oxydiques sont respectés. Il se forme un tétraldéhyde qui, oxydé par le brome, donne le tétracide correspondant ([1]). Ce dernier, isolé sous forme de sel alcalinoterreux, se présente comme une substance homogène et a la composition élémentaire prévue.

Pour confirmer sa constitution, nous avons poursuivi l'identification des acides qui se forment après hydrolyse et rupture des trois ponts oxydiques. D'après la formule développée que, en se basant sur la constitution du saccharose, on peut logiquement attribuer au tétracide, le radical dérivant du fructose fournirait les acides hydroxypyruvique et *d*-glycérique, celui dérivant du glucose, les acides glyoxylique et *d*-glycérique :



$$= CH^2OH{-}CHOH{-}CO^2H + CO^2H{-}CHO + CH^2OH{-}CO{-}CO^2H + CO^2H{-}CHOH{-}CH^2OH.$$

Le tétracide n'est pas réducteur; par hydrolyse acide il donne rapidement naissance à des substances réduisant en milieu alcalin les sels cuivriques et mercuriques; en 15 minutes à 100° l'hydrolyse est terminée, elle est aussi rapide que celle du saccharose dont ce corps dérive.

Au cours de cette hydrolyse nous avons observé le dégagement d'un gaz identifié à l'anhydride carbonique; ce dernier ne peut être attribué qu'à la décarboxylation en aldéhyde glycolique de l'acide hydroxypyruvique :

$$CH^2OH{-}CO{-}CO^2H = CH^2OH{-}CHO + CO^2.$$

Un gramme de tétracide à l'état de sel de baryum hydraté, chauffé avec de l'acide sulfurique 3 heures à 100°, dégage un volume de gaz correspondant à $31^{cm^3},4$ de solution N/10 (M/20), théorie 31,1. On observe en même temps que la solution a subi une diminution d'acidité correspondant à $13^{cm^3},25$ de solution N/10 d'acide monovalent (théorie 15,5). Il y a donc eu décarboxylation d'une molécule d'acide monovalent par molécule de tétracide. Avec le sel de strontium on obtient des résultats identiques.

*a. Caractérisation de l'aldéhyde glycolique.* — Le tétracide hydrolysé est soumis à un entraînement par la vapeur d'eau; le distillat présente un ensemble de propriétés qui permet d'affirmer la présence de l'aldéhyde glycolique. Il est neutre et à froid réduit la liqueur de Fehling. Ses pouvoirs réducteurs vis-à-vis du réactif de Nessler et de l'hypoiodite sont identiques.

---

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 366.

Une molécule d'aldéhyde (dosée par l'hypoiodite) réduit une molécule d'acide periodique selon l'équation

$$CH^2OH{-}CHO + O = HCHO + HCO^2H;$$

toutefois cette oxydation periodique ne fait pas varier la concentration en aldéhydes totaux, car de l'aldéhyde formique (caractérisé par sa combinaison avec le dimédon) s'est substitué au corps oxydé. Après oxydation bromée de l'aldéhyde, il se forme un acide non oxydable par l'acide periodique et donnant une coloration violette par chauffage avec le dioxynaphtalène en milieu sulfurique (réaction de l'acide glycolique).

*b. Caractérisation de l'acide α-glycérique.* — Le tétracide est hydrolysé; les acides glycérique et glyoxylique neutralisés par la baryte sont précipités par addition d'alcool dans l'hydrolysat concentré sous vide. Le glycérate de baryum, plus soluble que le glyoxylate, est repris par un peu d'eau bouillante. La petite quantité de glyoxalate dissous en même temps que le glycérate est oxydée par le brome en présence de carbonate de baryum; l'oxalate de baryum insoluble est séparé. La solution de glycérate de baryum est débarrassée de l'ion brome par agitation avec le carbonate d'argent, puis de l'excès d'argent par l'hydrogène sulfuré. Par addition d'alcool et d'éther à la solution concentrée, nous précipitons du glycérate de baryum impur, dextrogyre; le sel est transformé en sel de strontium recristallisé en milieu éthéroalcoolique sous forme de dihydrate :

$$(CH^2OH{-}CHOH{-}CO^2)^2Sr + 2H^2O = 333,6$$

Sr % calculé 26,25; trouvé 25,13. C % calculé 21,58; trouvé 21,06. H % calculé 4,19; trouvé 4,98.

Le corps obtenu donne la réaction sulfo-résorcinique de l'acide glycérique, la réaction de Berg des acides alcools. Il est oxydé par l'acide periodique en deux temps comme l'acide glycérique, il réduit la quantité théorique d'acide periodique en donnant la quantité prévue d'aldéhyde formique.

*c. Caractérisation de l'acide glyoxylique.* — Le résidu insoluble de glyoxalate de baryum de l'opération précédente est oxydé par le brome. L'acide oxalique a été obtenu après extraction éthérée et recristallisation dans l'eau. Nous l'avons identifié par son point de fusion, par ses réactions colorées et par titrage acidimétrique puis manganimétrique. L'isolement d'acide oxalique de produits d'oxydation n'étant pas un critère suffisant de la présence d'acide glyoxylique, nous avons identifié ce dernier sélectivement en condensant l'acide glyoxylique de l'hydrolysat avec l'acétophénone. Il se forme de l'acide diphénylacylacétique ([2]). L'isolement à partir de ce milieu complexe a été pénible; cependant nous avons fini par obtenir à la suite de nombreuses

---

([2]) J. Bougault, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1270.

recristallisations fractionnées, un acide fondant à 129°,5 (témoins 130°), poids moléculaire par alcalimétrie 290,9 (théorie 296).

*Conclusions.* — Nous avons pu confirmer la constitution du tétracide obtenu en oxydant le saccharose par l'acide periodique, puis par le brome. Par hydrolyse à 100°, ses trois ponts oxydiques sont rompus et nous avons séparé et identifié les trois corps qui se forment : acide *d*-glycérique, acide glyoxylique et acide hydroxypyruvique, ce dernier étant décarboxylé dès sa libération en anhydride carbonique et aldéhyde glycolique.

PÉDOLOGIE. — *Observations sur les* buttes gazonnées *d'Auvergne*. Note de M. **Vsevolod Romanovsky**.

J'ai remarqué, dans le Massif Central, de curieuses formations superficielles sur les terres en friche et constaté leur similitude avec les *buttes gazonnées* d'Islande ou de Norvège.

Les champs en friche, les pentes sans culture, à des altitudes supérieures à 1000$^m$, sont souvent semés de petites buttes gazonnées qui donnent à leur surface un aspect moutonné. L'été dernier, j'ai entrepris l'étude de ces formations en supposant que ces buttes étaient dues au même phénomène que les *sols polygonaux* (1).

Mes recherches ont porté sur les buttes gazonnées de la planèze au S et au S-W de Saint-Flour (Cantal). L'altitude de ces régions varie entre 1050 et 1150$^m$, et les espaces couverts sont considérables. Les buttes se présentent sous forme de petits monticules de 10 à 20$^{cm}$ de hauteur et de 50 à 70$^{cm}$ de diamètre. Elles sont réparties assez uniformément et séparées par des distances de 1$^m$ à 1$^m$,50. Leur surface est généralement recouverte de végétation (bruyères, ou plantes herbacées). Les dimensions qui viennent d'être citées sont généralement partout les mêmes : les buttes peuvent simplement être plus ou moins accentuées suivant la hauteur de la végétation qui les recouvre. En France, je n'ai jamais pu rencontrer des buttes gazonnées à des altitudes inférieures à 1000$^m$. Cette limite inférieure est fonction du climat général de la contrée. Celui-ci varie d'une année à l'autre : après les quatre hivers rigoureux que nous venons de traverser, il a été possible d'observer des buttes à des altitudes légèrement plus basses qu'auparavant. Le Massif Central n'est pas la seule région de France où existent les buttes gazonnées; il en existe aussi dans les Alpes et dans les Pyrénées. Cet été, après un hiver très froid, j'ai même pu rencontrer des buttes qui n'étaient pas recouvertes de végétation comme le montre la figure 3; certains champs étaient parsemés de petits tertres noirs de terre fraîchement remuée.

(1) V. Romanowsky, *Bull. A. G. F.*, **132**, 1940, p. 69.

Il est incontestable qu'il faut plusieurs années pour former ces belles plages de buttes que l'on rencontre en planèze. Mais il suffit qu'un champ reste sans labour pendant deux ans pour être recouvert de ces mamelons.

En France, les buttes sont, pour le cultivateur, une simple gêne; mais en Islande, elles atteignent des dimensions considérables (plus de $1^m$), qui obligent le laboureur à faire, tous les ans, des travaux de défrichage. En Sibérie du Nord, le phénomène est encore plus important : des buttes de cette origine ont des hauteurs de $2^m$. En Norvège, le phénomène est commun,

Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

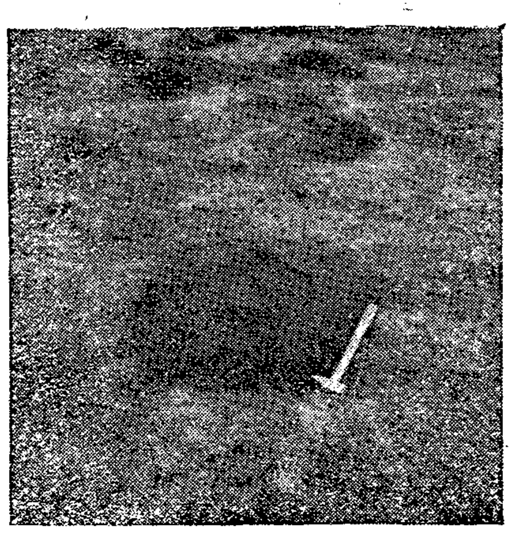


Fig. 4.

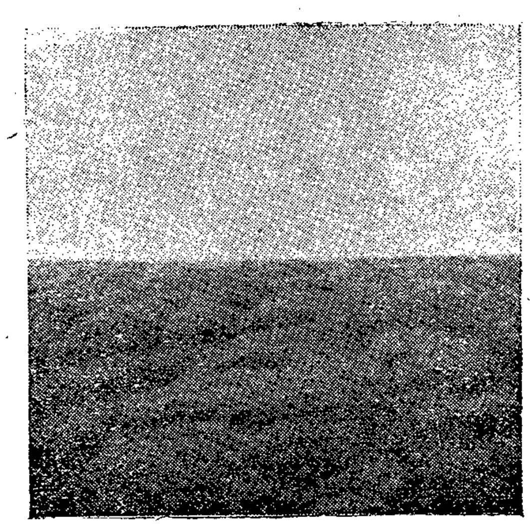


Fig. 1 : Champ de buttes gazonnées en planèze (Cantal). — Fig. 2 : Butte gazonnée recouverte de bruyère. — Fig. 3 : Butte gazonnée de formation récente non encore recouverte de végétation. — Fig. 4 : Buttes gazonnées se transformant en bandes.

presque au niveau de la mer, on trouve des buttes dont les dimensions se rapprochent de celles des formations françaises. En revanche, je n'ai jamais eu l'occasion d'en observer au Spitzberg. Le sol est trop rocailleux et les espaces plats, dépourvus de cailloux d'éboulis, sont pratiquement inexistants.

Quand le terrain est en pente, les buttes, normalement plus ou moins circulaires, peuvent se transformer, par fusion des buttes voisines, en levées parallèles dirigées suivant la pente générale du terrain. J'ai pu en observer, en 1941, dans le Velay, près du petit village des Estables, au pied de la Roche-Tourte. La figure 4 permet de se rendre compte de cette transformation.

Quelle est l'origine des buttes qui, au printemps, surgissent spontanément

du sol, sous forme d'un petit tas de terre meuble? Beaucoup de personnes les ont prises pour des taupinières. Pour un observateur averti, la confusion n'est guère possible. Leurs causes doivent être analogues à celles qui provoquent la formation des sols polygonaux des pays arctiques et de haute montagne (²) : l'action du gel et les variations de température. Pendant le dégel, le sol devient une boue et se comporte comme un fluide. Les variations rapides de température entre la surface et la masse interne y provoquent des mouvements verticaux qui se manifestent à la surface par l'apparition de petits tas de boue; ceux-ci, se desséchant et se recouvrant progressivement de végétation, donnent les buttes gazonnées. Cette explication du processus de formation demanderait à être vérifiée expérimentalement; elle a pourtant l'avantage de rapprocher les buttes gazonnées des sols polygonaux; les buttes seraient un phénomène, moins régulier, mais plus facile à réaliser dans la Nature, n'exigeant pas l'existence d'une *tjäle* et pouvant donc se produire à de plus basses altitudes.

GÉOLOGIE. — *Sur le Géorgien de l'Anti-Atlas.*
Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai donné (¹) les épaisseurs des termes successifs du Géorgien de l'Anti-Atlas Central. Il convient de décrire leurs changements latéraux.

1° Nous avons vu que la transgression géorgienne n'a tout d'abord occupé que la partie occidentale de la chaîne. En effet ses deux premiers termes, les *calcaires de base*, et les *schistes verts,* s'arrêtent à Aoulouz au Nord, dépassent Irherm dans la zone axiale, meurent progressivement contre la surface d'abrasion granitique au Sud et dans les gorges de l'Oued Smogoun (Sud-Est de la tache de Kerdouz). Leur puissance révèle une fosse de subsidence très nette dans la région d'Anzi (Est de Tiznit), avec des épaisseurs respectives pour les deux termes de 200 et 150$^{m}$, au lieu de celles normales de 20 et 75$^{m}$. La discontinuité des calcaires de base autour des massifs précambriens, ainsi que la présence d'une couche de conglomérats ou de grès grossiers au sein des schistes verts, indiquent que les reliefs n'étaient pas encore recouverts en totalité au début de cette transgression.

2° Pendant le dépôt du terme suivant, les *calcaires inférieurs*, la transgression s'étale de plus en plus loin vers l'Est et immerge presque entièrement l'Anti-Atlas Central. La puissance de cet horizon (400-500$^{m}$ à l'Ouest) diminue progressivement vers l'Est et le Nord-Est. A Bou Azzer, il ne mesure plus que 100 à 150$^{m}$. A l'Est, la série n'atteint pas les gorges de l'Oued Dra près

(²) V. Romanowsky, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, xiv, 1942, p. 166.

(¹) *Comptes rendus,* 215, 1942, p. 445.

d'Agdz, et au Nord, elle se termine en biseau de 10 ou 15$^{km}$ au Sud d'Ouarzazate et de l'Imini. Entre Bou Azzer et cette limite extrême des calcaires, on peut constater le remplacement progressif des couches inférieures de la série par des grès et des conglomérats.

3° Cette première transgression a été suivie d'une phase régressive traduite par le dépôt des *schistes violets* qui se développent de l'Ouest vers l'Est. A peine perceptible dans la région de Tiznit, où les deux séries calcaires se confondent, il atteint de 3 à 500$^{m}$ dans l'Anti-Atlas Central. En même temps, les schistes se chargent de niveaux gréseux, puis, à partir du Tifermine, de conglomérats. Par suite de la disparition des calcaires inférieurs, le complexe se confond avec les conglomérats du Géorgien inférieur dans la région d'Ouarzazate et au delà des gorges du Dra.

4° Une nouvelle transgression commence avec les *calcaires supérieurs*. Leurs rapports avec les schistes violets montrent que l'avancée de la mer vers l'Est fut bien plus lente et irrégulière que la régression. Un niveau marin situé au milieu des schistes violets atteint le méridien de Tata. Puis la mer se retire légèrement jusqu'à la transversale d'Irherm-Akka, pour revenir ensuite et s'étaler progressivement très loin vers l'Est. On peut reconnaître les calcaires supérieurs, quoique sous une très faible épaisseur, même le long du flanc Sud du Dj. Saghro, au Nord du Dj. Kissane.

5° Avec la *série schisto-calcaire*, caractérisée par des Archæocyathidés et des Mésonacidés, le régime marin se stabilise jusqu'au delà du méridien de Tazzarine. Cependant son épaisseur varie fortement, diminuant du Sud au Nord et de l'Ouest à l'Est. Au Sud-Est, à partir de la transversale de Tata, des influences côtières se traduisent par l'apparition de colorations violacées dans les schistes. Les calcaires deviennent jaunes et dolomitiques. Au Nord, par contre, le régime est franchement marin, caractérisé par les schistes verts à Mésonacidés et le développement de lentilles de calcaires construits à Archæocyathidés. Ce facies peut envahir la totalité du complexe, qui forme alors un tout indivisible avec la série précédente. Il peut même monter dans le terme suivant (Sous).

6° La sédimentation schisteuse, qui a fait son apparition avec le terme précédent, va se généraliser au détriment de la sédimentation calcaire et caractérisera les *schistes à Protolenus et Micmacca*. Peu puissant (75-150$^{m}$), cet horizon est un excellent repère, donnant une combe en bordure de la chaîne calcaire.

7° Le Géorgien se termine par un épisode gréseux qui, puissant seulement de 150-200$^{m}$ dans l'Anti-Atlas Central, se développe fortement à partir de la transversale d'Alougoum (300-400$^{m}$). Par contre, dans la région de Tiznit-BouIzakarène, il semble disparaître complètement, les schistes à *Protolenus* passant insensiblement aux schistes acadiens. On le retrouve cependant sur le pourtour du massif du Dra inférieur au Sud, ainsi que dans le Sous, au Nord.

Comme les termes inférieurs du Géorgien, ses trois termes supérieurs montrent une diminution générale d'épaisseur vers l'Est. Sur le pourtour Est et Nord du Dj. Saghro et dans l'Ougnat, le Géorgien passe tout entier à l'état de grès peu puissants, et arrive même à disparaître localement ([2]).

GÉOLOGIE. — *L'Urgonien de la Sierra Mariola (province d'Alicante).* Note de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Charles Jacob.

La Sierra Mariola, formée par un anticlinal de Crétacé déversé au Nord, fut étudiée en détail par Nicklès ([1]). Sur un Néocomien à Ammonites pyriteuses, il y a décrit un puissant complexe de facies urgonien, qu'il considérait comme englobant l'Aptien, l'Albien et peut-être le Cénomanien. Mes observations modifient cette interprétation.

Le versant du Moncabrer (1385$^{m}$), qui domine la vallée du Serpis, montre, sur le Crétacé inférieur fossilifère de la Querola :

| | | Mètres. |
|---|---|---|
| 1. | Marnes de la partie supérieure de la série de la Querola, à *Desmoceras difficile* d'Orb. sp., *Pulchellia pulchella* d'Orb. sp., *Holcodiscus Sophonisba* Coq. sp. | – |
| 2. | Masse urgonienne inférieure, sans fossiles déterminables | 30-40 |
| 3. | Marnes à Orbitolines | 0,50-1 |
| 4. | Deuxième masse urgonienne | 30 |
| 5. | Marnes à Orbitolines | 5 |
| 6. | Troisième masse urgonienne | 70 |
| 7. | Marnes à Orbitolines correspondant au niveau du Balcon de Llopis (*voir* Nicklès, *loc. cit.*, pl. III) | 10-15 |
| 8. | Quatrième masse urgonienne, dont la partie supérieure est rangée par Nicklès dans le Gault et le Cénomanien | 200-250 |
| 9. | Dolomies stériles | 80-100 |

L'horizon 7 (Balcon de Llopis) m'a fourni *Nautilus neocomiensis* d'Orb. sp., *Puzosia Matheroni* d'Orb. sp., *Parahoplitoides Deshayesi* Leym. sp., *P. rhodanicus* Kil. (= *P. Deshayesi* N. et Uhl. *non* Leym.), *Acanthoplites* cf. *Tobleri* Jac., *Douvilleiceras Tschernischewi* Sintz., *Exogyra latissima* Lk., *Plicatula placunea* Lk.. *Corbis corrugata* Sow., *Terebratula sella* Sow., *T. Moutoniana* d'Orb. sp., *Rhynchonella Gibbsiana* Sow. sp. var *Sayni* Jac. et Fall.

Cette faune, au caractère bedoulien très net, correspond à l'horizon de la Clape (Aude) et de Reocin (province de Santander). Elle permet de rapporter au Barrémien supérieur les assises 2-6 qui la précèdent.

---

([2]) L. Clariond, *Ass. pour l'Étude géol. de la Méditerranée occidentale*, 5, n° 12, Partie I, 1935.

([1]) *Recherches géologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de la province d'Alicante et du Sud de la province de Valence* (*Thèse*, Série A, n° 724, Paris, 1891).

Quant aux horizons groupés sous le n° 8, une coupe relevée 6-7km plus à l'Ouest, entre Mas Nou et le sommet de la Solana de can Serafi, permet de distinguer :

| | | Mètres. |
|---|---|---|
| 7. | Marnes à *Rh. Gibbsiana* var. *Sayni* et *Douvilleiceras*, cf. *Cornuelianum* d'Orb. sp., représentant le niveau du Balcon de Llopis. | – |
| 8*a*. | Grès stériles | quelques |
| 8*b*. | Calcaires gris bleu en gros bancs à patine jaunâtre avec Pachyodontes indéterminables | 30 |
| 8*c*. | Calcaires à *Pseudotoucasia santanderensis* H. Douv. et *Monopleura* sp. env. | 80 |
| 8*d*. | Grès à peine distincts des bancs urgoniens qui les encadrent | 1-2 |
| 8*e*. | Calcaires à *Pseudotoucasia Seunesi* H. Douv., *Monopleura* sp., *Nerinea Vogtiana* de Mort | 90 |
| 9. | Dolomies stériles | – |

Les couches à *Pseudotoucasia santanderensis*, presque directement superposées au Bedoulien, et celles à *T. Seunesi* qui les suivent, forment donc un ensemble qu'il convient de placer dans le Bedoulien supérieur et le Gargasien, au lieu de les reporter dans l'Albien et même le Cénomanien comme cela avait été fait jadis.

L'âge des couches 9 demeure inconnu. On sait qu'à Ibiza (Cala Moli), au toit d'un Urgonien de type classique, coupé par des marnes à Orbitolines bédouliennes et gargasiennes, apparaît un ultime niveau à Orbitolines, daté par *Douvilleiceras mamillatum* Schloth. sp. et supportant des calcaires en partie dolomitisés. Il n'est pas impossible que les dolomies terminales de la Sierra Mariola soient l'homologue de cette formation albienne ébusitaine, mais rien ne démontre qu'elles ne soient pas encore aptiennes.

D'un point de vue plus général, les coupes étudiées fournissent une limite inférieure quant à l'âge des *Pseudotoucasia santanderensis* et *Seunesi*, éléments caractéristiques de l'Urgonien hispano-pyrénéen. Elles montrent de plus la série urgonienne à cheval sur le Barrémien supérieur et l'Aptien. La région de la Serra Mariola ne fait donc pas exception quant à l'extension verticale du facies urgonien.

HYDROLOGIE. — *La courbe des débits du Yang-tsé-kiang à Hankéou.* Note de M. **Vladimir Frolow**.

On connaît 114 valeurs du débit du Fleuve Bleu à Hankéou, par les jaugeages effectués de 1922 à 1925 par la Yangtse River Commission. Un des collaborateurs du Shangai Science Institute, M. Shôitiro Hayami [1], représente l'ensemble de ces données par une formule binomiale.

---

[1] *The Journat of the Shangai Science Institute*, sér. I, 1, 1938, pp. 97-162.

Cependant, en reportant les données sur un graphique, on constate que la dispersion des points, pour une même hauteur d'eau, est trop grande. Il y a des différences allant au tiers de la valeur du débit. La représentation par une formule unique d'un tel ensemble est discutable. Par contre, si l'on examine à part les débits en décrue et en crue, on trouve que les premiers se rangent le long d'une courbe régulière d'une manière plus satisfaisante.

*Décrue.* — Sous forme binomiale, les paramètres étant calculés par la méthode de M. Glouchkov, qui a l'avantage d'assurer l'alignement des points et de rendre par là l'extrapolation plus aisée, l'équation de cette courbe est

$$Q = 3233 . 10^{-7} (H + 56,4)^{4,09}. \tag{1}$$

Les points extrêmes ayant servi au calcul correspondent aux débits de 57000 et de 5200 $m^3$ : s et aux niveaux 47,6 et 1,5 pied.

L'écart médian des données à cette courbe est inférieur à 6 %, l'écart maximum étant de 17 % pour le niveau de 4,5 pieds. Il est à noter que, pris isolément, les résultats des mesures de chaque année se placent sur des courbes légèrement différentes et que, pour chacune des crues, on pourrait définir des relations encore plus satisfaisantes. Pour le moment cette remarque n'a d'autre intérêt que d'attirer l'attention sur ce que le lit du fleuve étudié semble pouvoir présenter des variations assez rapides et assez importantes de son modelé pour avoir des répercussions sur la relation niveaux-débits.

Les débits correspondant aux niveaux extrêmes observés (53,5 et — 6,1 pieds) seraient, d'après la formule (1), de 71000 et de 2900 $m^3$ : s environ, soit dans un rapport de 24 environ. Ceci placerait le Yang-tsé-kiang à Hankéou près de la Volga à Kouibichev.

*Crue.* — Les débits en crue pourraient être exprimés dans leur ensemble par une formule du type précédent. Par exemple, la formule

$$Q = 0,9972 (H + 27,54)^{2,55} \tag{2}$$

les représenterait avec un écart médian de 5,3 %, mais avec un écart maximum de 20 % à la cote de 6,9 pieds.

L'intérêt de telles représentations reste strictement limité aux conversions pour des buts techniques. Il est plus important de remarquer que les écarts entre les débits observés en crue et les valeurs tirées de l'équation (1) sont en raison de la pente superficielle des eaux. Cette dernière ne figure pas dans la publication citée, mais on peut avoir une idée approximative de sa marche, par la considération des montées du fleuve pendant les jaugeages, qui sont connues par les cotes journalières publiées. On voit alors qu'aux plus fortes montées correspondent aussi, en général, les écarts les plus considérables, pour tous les niveaux.

Le Yang-tsé-kiang à Hankéou donne ainsi un bon exemple de l'influence discernable des conditions d'écoulement sur la réalisation de celui-ci et mérite d'être signalé à ce titre.

PALÉOBOTANIQUE. — *L'évolution forestière post-glaciaire du Limousin méridional d'après l'analyse pollinique.* Note de M. **Georges Lemée**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'analyse pollinique de tourbières du Limousin méridional m'a permis de reconstituer son évolution forestière récente et d'apporter des arguments à la question de l'indigénat du Châtaignier dans cette région. Les tourbières étudiées se répartissent ainsi : 1° 8 tourbières du plateau de Millevaches, partie Sud de la Montagne limousine, situées à des altitudes de 800 à 880$^m$; 2° 7 vallons tourbeux des plateaux méridionaux, entre 530 et 680$^m$, aux environs de Corrèze, Soudeilles et Meymac. Quelques différences s'observent dans l'évolution forestière de ces deux plateaux, mais les profils obtenus sur chacun d'eux sont semblables.

I. Plateau de Millevaches. — 1° *Phase à Chêne et Noisetier*, la plus ancienne observée, avec Bouleaux abondants, Pins et Ormes effacés; l'Aulne et le Tilleul apparaissent tardivement, très rares pollens de Hêtre à la fin de la phase.

2° *Phase de la chênaie-mixte*, s'ouvrant par la régression du Noisetier, au cours de laquelle s'observent les modifications suivantes dans les essences subordonnées : *a*. maximum du Tilleul, dépassant 30 %; 2° petite poussée de Hêtre, de 4 à 10 %, suivie de sa disparition; 3° seconde poussée de Hêtre avec maximum plus prononcé (jusqu'à 25 %), en même temps que l'apparition de pollens de Sapin isolés, la multiplication des pollens d'Éricacées et un second maximum du noisetier.

3° *Phase du hêtre*, établie par une troisième poussée, plus importante, de Hêtre; on observe en même temps une grande raréfaction du Tilleul et des pollens isolés de Sapin et de Charme.

4° Le Hêtre, régressant à nouveau devant le Chêne, auquel s'est joint récemment le Pin, une *phase actuelle à Chêne et Pin* s'établit; cette phase, observable dans les 5 ou 10$^{cm}$ supérieurs des tourbes en édification, est récente : elle date des reboisements de la Montagne limousine. La régression du Hêtre devant le Chêne était cependant commencée bien avant l'introduction du Pin pour les reboisements.

II. Plateaux méridionaux. — L'évolution forestière y est parallèle à celle du plateau de Millevaches, mais, avec des variations plus atténuées, le Chêne demeurant toujours polliniquement dominant. On peut y reconnaître :

1° une *phase à Chêne et Noisetier*;

2° une longue *phase de la chênaie-mixte*, avec maximum du tilleul ici très faible, puis deux poussées de Hêtre correspondant respectivement à la seconde poussée et à la phase du Hêtre sur la Montagne limousine, mais ici moins marquées;

3° *phase actuelle à Chêne et Pin*, avec Hêtre très rare.

Comme sur la Montagne, le Bouleau est abondant au cours de toutes les

phases, mais ici l'Aulne s'y joint en proportion pollinique élevée au cours des deux dernières phases.

En ce qui concerne le *Châtaignier*, sur les plateaux méridionaux, les plus anciens pollens ont été observés dès le début de la phase du Chêne, au cours du maximum du Tilleul, mais leur grande rareté ne permet pas de conclure de façon certaine à la présence du Châtaignier en Limousin méridional dès cette époque, que la comparaison avec d'autres régions permet de rapporter au néolithique. Mais, dès le dernier maximum du Hêtre, le pollen de Châtaignier devient assez abondant (jusqu'à 20 % de l'ensemble des autres pollens forestiers), puis régresse au moment de la multiplication du Pin, au cours du dernier siècle. Sur le plateau de Millevaches, le pollen de Châtaignier n'apparaît qu'avec le dernier maximum du Hêtre, et toujours très rare.

La comparaison de cette évolution forestière avec celle des Monts Dore fait ressortir des différences importantes : 1° absence de la phase préboréale à Bouleaux et Pins, due à la moindre ancienneté des tourbières; 2° rareté du Pin au début de la phase de chênaie-mixte, alors qu'il est encore abondant dans les Monts Dore; 3° *absence du Sapin*, alors que celui-ci est devenu l'essence dominante dans l'Ouest des Monts Dore à $40^{km}$ seulement à l'Est de nos sondages; 4° *extension tardive du Hêtre* qui, dans les Monts Dore, associé au Sapin, a très tôt supplanté la chênaie; 5° abondance générale du Bouleau, indice d'un boisement moins dense que sur les Monts Dore.

Deux faits topographiques, la faible altitude de la Montagne limousine, partout inférieure à $1000^{m}$, et son isolement des massifs de l'Auvergne par la profonde dépression de la Dordogne semblent la meilleure explication de l'établissement tardif du Hêtre et de l'absence du Sapin.

Ainsi l'extension de l'analyse pollinique à de nouvelles tourbières du Plateau Central montre que son évolution forestière, identique au cours des premières phases post-glaciaires, s'est différenciée après l'optimum climatique, chaque massif évoluant dans des sens différents par suite de l'isolement de son étage montagnard.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du climat alpin sur le chimisme des feuilles de* Dryas octopetala *L. au cours d'un cycle de végétation.* Note de M. **Georges Nétien**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Depuis les travaux expérimentaux de Bonnier, nous connaissons les modifications morphologiques résultant de l'influence du climat alpin sur les plantes; le chimisme de celles-ci en est moins connu. C'est pour répondre à cette question, que nous avons réalisé, au cours du développement annuel des feuilles d'un arbrisseau nain, le *Dryas octopetala* L., quelques dosages comprenant l'étude de la matière minérale et des glucides solubles, comparativement avec la même plante acclimatée en plaine.

Les expériences ont été réalisées sur un matériel pris à $2250^{m}$ au Plateau d'Emparis (Hautes-Alpes) et à Lyon (alt. $170^{m}$).

L'étude morphologique et histologique des feuilles révèle des différences sensibles. La longueur du limbe en plaine donne une moyenne de $2^{cm},3$, tandis qu'en montagne, elle est ramenée à $1^{cm},6$; par contre l'épaisseur du limbe, qui est de 100 (mμ), est en plaine de 80 (mμ).

L'adaptation à la sécheresse et à la forte luminosité se remarque également sur la plante de montagne, dont le cycle évolutif très rapide s'effectue sur une période de trois mois.

En juillet 1941, à la suite d'un hiver et d'un printemps rigoureux, le début de la végétation, dans notre station à $2250^{m}$, a commencé les premiers jours de juillet. Le cycle accéléré nous a obligé à stabiliser le matériel tous les cinq jours au cours des mois de juillet et août. La station de plaine présente une évolution plus lente; le début de la végétation commence le 15 avril, elle s'achève le 17 novembre. Au cours de cette période, la floraison a lieu le 26 mai, la fructification le 27 juin, le jaunissement des feuilles le 24 octobre. En montagne, la floraison a lieu le 17 juillet, la fructification le 7 août, le jaunissement des feuilles le 6 septembre. Ces dates doivent être rapprochées pour l'interprétation des résultats consignés ci-dessous.

*Matière minérale.* — Plante de montagne (alt. $2250^{m}$).

| 1941. | %. | 1941. | %. | 1941. | %. |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 juillet | 7,20 | 30 juillet | 8,00 | 1er septembre | 8,54 |
| 9 » | 7,10 | 3 août | 8,10 | 6 » | 8,00 |
| 13 » | 8,40 | 7 » | 8,00 | 11 » | 8,10 |
| 17 » | 8,32 | 12 » | 9,40 | 16 » | 8,00 |
| 22 » | 8,44 | 19 » | 9,40 | 21 » | 9,60 |
| 26 » | 8,40 | 27 » | 8,20 | 1er octobre | 10,00 |

Plante de plaine (alt. $170^{m}$).

| 1941. | %. | 1941. | %. | 1941. | %. |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 avril | 5,40 | 8 juillet | 9,09 | 9 septembre | 10,09 |
| 5 mai | 7,08 | 16 » | 9,99 | 25 » | 9,66 |
| 13 » | 7,09 | 25 » | 9,44 | 2 octobre | 9,57 |
| 26 » | 7,59 | 4 août | 9,24 | 13 » | 11,41 |
| 16 juin | 7,63 | 13 » | 11,78 | 24 » | 10,36 |
| 27 » | 9,00 | 21 » | 11,00 | 3 novembre | 11,20 |
| | | 30 » | 10,50 | 17 » | 11,78 |

*Glucides solubles.* — Plante de montagne (alt. $2250^{m}$).

| 1941. | R. % | T. % | 1941. | R. % | T. % | 1941. | R. % | T. % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 juillet | 2,25 | 6,66 | 3 août | 2,34 | 6,32 | 27 août | 2,91 | 6,91 |
| 13 » | 2,06 | 6,25 | 7 » | 2,82 | 6,04 | 6 sept. | 3,86 | 8,70 |
| 22 » | 2,08 | 6,60 | 12 » | 1,91 | 5,33 | 16 » | 3,18 | 6,34 |
| 26 » | 2,08 | 5,33 | 19 » | 2,37 | 6,58 | 21 » | 5,28 | 9,08 |
| 30 » | 2,76 | 5,32 | 22 » | 2,93 | 8,09 | 1er oct. | 3,13 | 4,64 |

Plante de plaine (alt. $170^{m}$).

| 1941. | R. % | T. % | 1941. | R. % | T. % | 1941. | R. % | T. % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 avril | 1,07 | 1,85 | 8 juillet | 1,86 | 3,35 | 9 sept. | 1,92 | 4,41 |
| 5 mai | 2,01 | 2,75 | 16 » | 2,74 | 5,25 | 15 » | 2,38 | 3,76 |
| 13 » | 1,64 | 2,75 | 25 » | 2,38 | 4,95 | 25 » | 2,91 | 4,25 |
| 6 juin | 1,64 | 4,85 | 4 août | 2,73 | 5,00 | 13 oct. | 3,08 | 3,91 |
| 16 » | 1,86 | 3,68 | 13 » | 2,42 | 4,77 | 24 » | 1,98 | 3,61 |
| 27 » | 1,61 | 3,38 | 21 » | 2,21 | 4,65 | 17 nov. | 2,53 | 3,31 |

De ces résultats nous pouvons tirer les observations suivantes :

Au cours du développement annuel, en haute montagne, de la feuille de *Dryas octopetala* L., la proportion de matières minérales (cendres totales) est toujours moins forte qu'en plaine. L'enrichissement progressif se remarque également pour les deux feuilles, jusqu'à la fin de la végétation.

Les glucides solubles sont toujours plus abondants en haute montagne. Cette concentration en sucres solubles est en rapport avec l'élévation de la pression osmotique du suc cellulaire, que nous avons trouvée plus forte.

La quantité de sucres non réducteurs est sensiblement le double de celle observée dans les feuilles de la plaine.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'influence du glucose sur le développement de l'appareil végétatif et reproducteur du gamétophyte d'*Asplenium. Note de Mme **Germaine Hurel-Py**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons montré (1) que le glucose n'est pas indispensable au développement des prothalles d'*Asplenium* en culture aseptique; cependant il accélère leur développement et entrave simultanément la formation des sporophytes. Ces observations nous ont conduite à entreprendre une étude plus approfondie de l'influence du glucose afin d'analyser l'action de ce sucre sur le développement des prothalles et sur la formation de leurs organes reproducteurs.

Le glucose, ajouté au milieu de culture à une concentration de 2 %, accélère très nettement le développement des prothalles. De plus il facilite beaucoup la reprise de la végétation : c'est ainsi que, sur milieu glucosé, il est fréquent d'obtenir une nouvelle culture à partir d'un fragment représentant un quart et même un cinquième de prothalle, alors que, sur milieu minéral, la végétation ne reprend parfois pas après avoir ensemencé un et même deux prothalles.

A des concentrations supérieures à 2 %, le glucose devient rapidement toxique. Sur milieu glucosé à 3,5 %, les prothalles paraissent déjà souffrir; à la concentration de 5 %, leur croissance est très ralentie. A 7,5 %, elle est encore plus lente et tout le centre de la colonie meurt et se nécrose. Enfin à 10 %, les cultures reprennent très difficilement, et celles qui survivent ont un aspect tout à fait particulier : la colonie de prothalles n'est plus sphérique, mais formée de mamelons dont la partie périphérique seule demeure vivante. Elle est constituée de petites protubérances crustacées vert foncé qui représentent de minuscules prothalles; examinés au microscope, ces prothalles sont constitués par un petit nombre de cellules (inférieur à une centaine) très turgescentes. La croissance des prothalles sur milieu minéral est si lente qu'en un an la culture n'atteint pas encore les bords du tube qui la contient, tandis que ceux-ci sont atteints en deux mois sur milieu glucosé à 2 %.

(1) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 571.

Le glucose favorise l'élaboration de la chlorophylle. Quelle que soit la concentration employée, et même à des doses entravant le développement de la végétation, les cultures sur milieu minéral sont plus pâles que sur milieu glucosé. Cependant, le glucose qui représente le produit de la photosynthèse, ne suffit pas, seul avec des sels, à assurer la vie des prothalles et la fonction chlorophyllienne est toujours indispensable; en effet, des cultures maintenues à l'obscurité pâlissent, donnent de nombreux sporophytes jaunâtres dont les frondes ne se déroulent pas, puis meurent au bout de huit à dix mois.

La quantité d'amidon élaborée par les chloroplastes et la grosseur des chloroplastes eux-mêmes est fonction de la richesse en glucose du milieu de culture. Les chloroplastes des prothalles cultivés sur milieu minéral sont en voie de division active et ne renferment que de petits grains d'amidon; ceux des prothalles cultivés à 2 %, très souvent en voie de division eux aussi, sont déjà un peu plus volumineux et renferment des grains d'amidon nettement plus importants; enfin, sur milieu glucosé à 10 % on n'observe plus que très exceptionnellement des divisions et les chloroplastes énormes (2 à 3 fois plus volumineux que ceux sur milieu minéral) sont absolument bourrés de gros grains amylacés.

Les résultats les plus intéressants que nous ayons obtenus concernent les organes sexuels.

A une concentration de 2 %, les prothalles néoformés possèdent un grand nombre d'anthéridies et d'archégones normalement constituées. Sur un milieu renfermant 5 % de glucose, on peut déjà s'apercevoir que, sur les nouveaux prothalles ayant proliféré, les anthéridies sont parfois mal conformées. A 5 %, les anthéridies ne se différencient plus sur les prothalles néoformés qui sont unisexués et femelles. Enfin les prothalles cultivés sur des milieux à 7,5 % et à 10 % ne produisent plus ni archégones, ni anthéridies. Le glucose se conduit donc, à une concentration supérieure à 3 %, comme une substance inhibitrice du développement des organes sexuels, résultats confirmés par examen de coupes obtenues après fixation.

En résumé, si les concentrations faibles de glucose accélèrent le développement des prothalles en culture pure, facilitent l'élaboration de la chlorophylle et la synthèse de l'amidon, les concentrations élevées entravent rapidement le développement normal de la plante. A partir d'une concentration de 3,5 %, les organes sexuels sont altérés. Ce sont les anthéridies, plus sensibles à l'action de ce sucre, qui disparaissent les premières. A 7,5 %, les prothalles ne forment plus ni anthéridies, ni archégones.

CHIMIE AGRICOLE. — *Toxicité comparée, pour des plantules de Dicotylédones, des composés organiques, suivant la nature de leurs fonctions et la structure de leurs molécules.* Note de M. **Charles Chabrolin**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les essais ont porté sur 140 produits organiques solubles ou émulsionnables dans l'eau et choisis comme types des différentes fonctions de la chimie organique. Solutions ou émulsions ont été pulvérisées dans des conditions uniformes, à raison de $100^{cm^3}$ par parcelle de $0^{m^2},5$. Les plantules traitées appartenaient aux espèces annuelles : *Rhaphanus raphanistrum*, *Papaver rhæas*, *Chrysanthemum coronarium* et *Melilotus sulcata*. Agées de un mois à un mois et demi, elles comptaient trois à quatre feuilles.

Les substances utilisées peuvent être classées en trois groupes, d'après leur toxicité à la dose de 5 % :

1° Toxicité nulle : les plantules traitées ne sont pas visiblement affectées ou présentent tout au plus quelques légères brûlures du bord des feuilles;

2° Toxicité partielle : brûlures accentuées mais plantules non tuées;

3° Toxicité totale : plantules tuées.

Premier groupe. — *Toxicité nulle.* — Carbures d'hydrogène cycliques ou acycliques, leurs dérivés chlorés, bromés et nitrés, avec, comme seule exception, le chlorure et le bromure de benzyle qui font partie du second groupe.

Alcools primaires, secondaires et tertiaires, leurs éthers, leurs aldéhydes et leurs cétones. L'aldéhyde formique (5 % de la solution aqueuse à 40 %) est pourtant plus toxique (2e groupe), et le terpinéol commercial fait partie du troisième groupe.

Acides organiques acycliques à molécules possédant plus de $2^{at}$ de carbone.

Amines de la série grasse, amides. nitriles et oximes. De même le glycocolle (acide aminé) et l'asparagine (acide, amine et amide). L'éthylènediamine hydratée fait exception et se classe dans le deuxième groupe.

Acide gallique, éthers-sels des phénols (acétate de phényle), leurs éthers-oxydes (anisole, phénétole, oxyde de phényle), diméthylpyrocatéchine et orthonitranisol.

Urée, phénylurée, thio-urée et pyridine.

Matières colorantes diverses (fuchsine, alizarine, jaune de résorcine, acide rosolique en solution alcaline, carmin d'indigo, vert malchite).

Deuxième groupe. — *Toxicité partielle.* — Acide acétique et ses dérivés chlorés.

Benzoate de soude, son dérivé aminé et chlorure de benzoyle.

Amines de la série cyclique et leurs dérivés méthylés (mono- et diméthylaniline).

Ferrocyanure de potassium et sulfocyanure d'ammonium.

Phénol ordinaire, di- et triphénols, thiophénol et naphtols.

Gayacol, aldéhyde et acide salicylique.

Trinitrophénol (acide picrique en solution sodique).

TROISIÈME GROUPE. — *Toxicité totale.* — Sulfate d'hydroxylamine, chlorhydrate d'hydrazine et de phénylhydrazine et surtout phénylhydrazine libre.

Cyanure de potassium et isocyanate de phényle.

Crésols, xylénols, thymol et terpinéol commercial.

Chlorophénols, mono- et dinitrophénols, dinitrocrésols, dichloromononitrophénol.

En résumé, dans les conditions des essais, il n'existe qu'un petit nombre de composés qui, à des doses égales ou inférieures à 5 %, tuent les plantules de dicotylédones annuelles utilisées comme réactifs biologiques. Ces composés appartiennent à des séries chimiques bien définies, les cyanures, l'hydrazine et l'hydroxylamine, enfin et surtout les dérivés chlorés et nitrés des phénols.

Le groupe des phénols et de leurs dérivés a fait l'objet de recherches plus complètes dont les conclusions sont les suivantes :

La toxicité décroît dans le sens mono-, di-, triphénols et, pour les diphénols, dans le sens composé *ortho* (pyrocatéchine), *méta* (résorcine) et *para* (hydroquinone). Le phénomène inverse se produit avec les crésols : l'*ortho*-crésol est beaucoup moins actif que le *para*-crésol. Le dérivé *méta* est très voisin du *para*. De même, avec les monochlorophénols et les mononitrophénols, le dérivé *ortho* est moins efficace que le *para*.

La toxicité, qui croît du phénol aux méthylphénols, croît encore en passant aux diméthylphénols (xylénols).

Contrairement aux résultats observés dans les essais préliminaires, la substitution de l'ion Na à l'ion H de la fonction phénolique diminue la toxicité, pour les plantules de Graminées notamment (effet sélectif plus accusé).

Avec les diphénols (pyrocatéchine), la présence de deux ions Na dans la molécule donne un composé encore moins toxique que la présence d'un seul.

Les dérivés chlorés du phénol sont plus efficaces que le phénol lui-même, et la toxicité augmente avec le nombre d'atomes de chlore. Les dérivés mono- et dinitrés du phénol se comportent comme les composés chlorés correspondants, mais l'analogie ne se retrouve plus avec l'acide picrique (trinitrophénol). Le dinitroorthocrésol est plus toxique que le dinitrophénol correspondant. Les composés mixtes, tels que le dichloronitrophénol en solution sodique, jouissent des propriétés générales des composés uniquement chlorés ou nitrés.

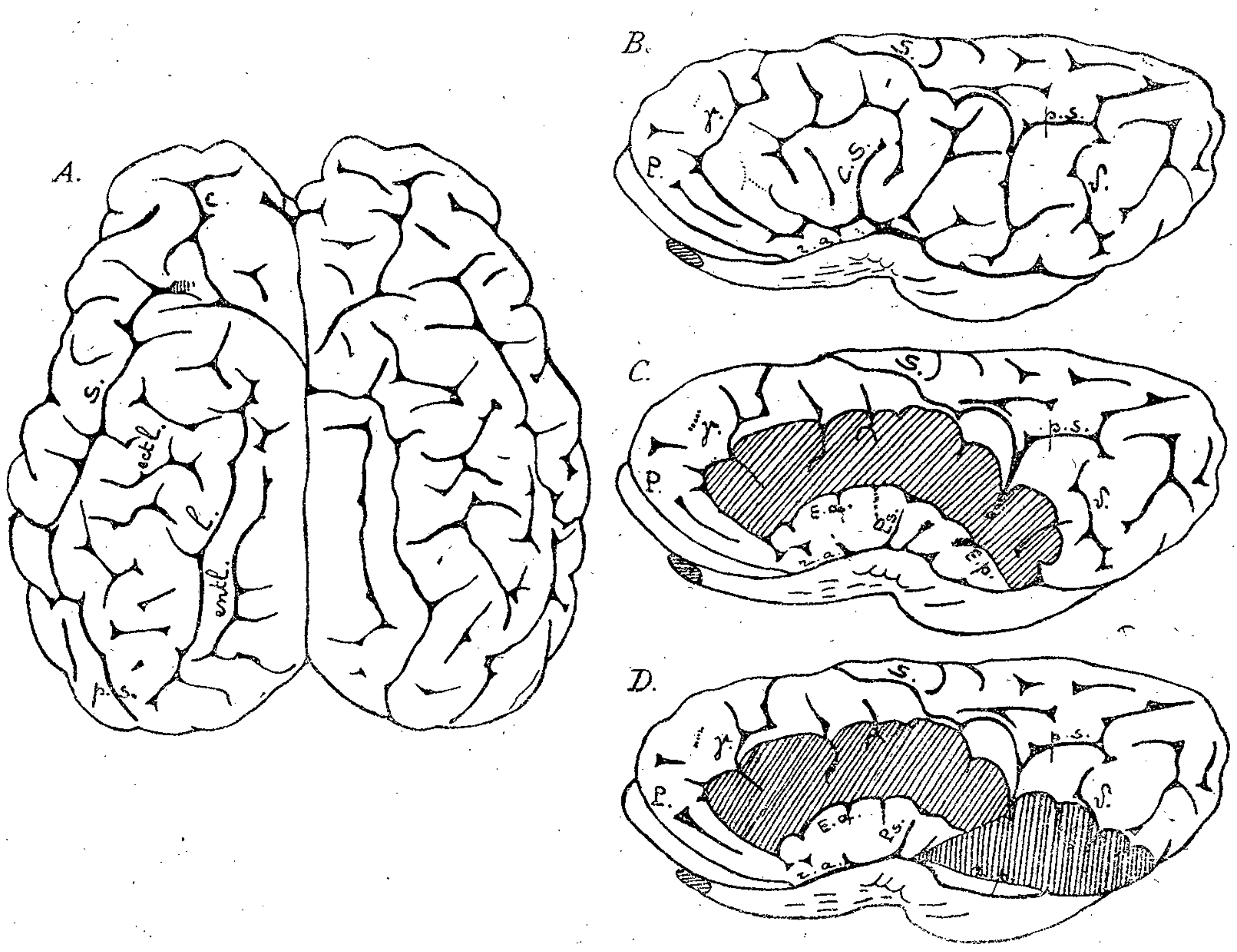
La toxicité de ces divers composés présente des degrés suivant la nature des plantes réactifs utilisées et l'on peut parler de toxicité sélective. Pour les dérivés chlorés, chloronitrés et nitrés des phénols notamment, les plantules de Graminées sont beaucoup plus résistantes que celles des Dicotylédones annuelles. Aussi, le pentachlorophénate de soude, à raison, par hectare de $1000^l$,

de solution à 3 %, a pu être utilisé cette année en Tunisie sur une vingtaine d'hectares comme désherbant sélectif des céréales (blés dur et tendre, orge et avoine). Il a donné des résultats au moins égaux à ceux que donnent les solutions d'acide sulfurique.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le cerveau de l'Okapi*. Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Charles Pérez.

L'Okapi est actuellement considéré, au point de vue ostéologique, comme un Giraffidé très archaïque (*truly primitive Giraffid*, E. H. Colbert, 1938), plus archaïque même, sous beaucoup de rapports, que les Giraffidés fossiles les plus anciens. Le cerveau de l'Okapi n'était pas connu jusqu'ici, à part les recherches de Davidson Black sur un moule endocranien (1915).

En 1939, un Okapi adulte (*Okapia Johnstoni* Sclater), donné par le Roi




*Okapia Johnstoni* Sclater, du Parc zoologique de Vincennes.
Coll. Anat. comp. Muséum. Cerveau (Télencéphale).

*A*, face supérieure; *B*, face latérale gauche; *C*, cette même face après section (en hachures) de la lèvre supérieure de l'operculisation antérieure; *D*, même figure qu'en *C*, avec, en outre, section (en hachures) de la lèvre supérieure de l'operculisation postérieure. — *r. a.*, rhinale antérieure; *r. p.*, rhinale postérieure; *Ps.*, *pseudosylvia*; *E. a.*, *ectosylvia* antérieure; *E. p*, *ectosylvia* postérieure; *P.*, *præsylvia*; *S.*, *suprasylvia*; *p. s.*, *postsylvia*; *l.*, latéral; *ectl.*, ectolatéral; *entl.*, entolatéral; *C.*, coronal; $\gamma$, sillon $\gamma$; $\delta$, sillon $\delta$. — 1/2 grandeur naturelle.

des Belges au Parc zoologique de Vincennes, mourait quelques jours après son arrivée en France. C'est le cerveau de cet exemplaire que j'ai étudié.

Au point de vue de sa forme d'ensemble, le télencéphale de l'Okapi est très large, beaucoup plus large, par rapport à sa longueur, que celui de la Girafe; il est aussi plus surbaissé.

Les principaux caractères du *neopallium* (outre l'aspect plus ou moins recti-

ligne de ses sillons, comme chez tous les Artiodactyles sélénodontes) sont les suivants :

Sur la face externe de l'hémisphère :

1° Le coronal tend plutôt à s'aligner suivant la direction du latéral que suivant celle de la *suprasylvia*. Il est nettement séparé de cette dernière, tandis qu'il la prolonge chez la plupart des Sélénodontes.

2° Le latéral est accompagné d'un entolatéral et d'un ectolatéral, comme chez les Ruminants de grande taille, l'ectolatéral étant très développé et fragmentaire.

3° La *postsylvia* est séparée, par un pli de passage, de la *suprasylvia* proprement dite ou *suprasylvia* antérieure.

4° La *præsylvia* est très allongée, plus allongée que chez la Girafe où elle est, cependant, bien développée.

5° Le mode d'operculisation de la région sylvienne est compliqué, rappelant celui de la Girafe et aussi des Ongulés périssodactyles. Il existe un complexe sylvien bien marqué et une double operculisation formée d'une partie antérieure et d'une autre postérieure.

En ce qui concerne la partie antérieure, après section de la lèvre supérieure, operculisante, on voit une région garnie de plis avec un sillon d'operculisation allongé paraissant être l'*ectosylvia*; partant de l'angle des rhinales, la *pseudosylvia*, rarement visible chez les Artiodactyles, est, ici, très nette. En dehors de cette région operculisée et entourant le complexe sylvien, existe un sillon arqué à concavité inférieure qui rappelle beaucoup l'*ectosylvia* des Bovidés telle qu'elle a été décrite par R. Anthony et J. de Grzybowski (1934). L'embryologie cérébrale des Giraffidés permettra seule, lorsqu'elle sera connue, d'interpréter ce sillon qui, s'il était vraiment une *ectosylvia*, serait séparé par un pli de passage antérieur et un autre postérieur du reste de l'*ectosylvia*, operculisé. La partie operculisée elle-même comporterait, alors, une région médiane de néoformation.

En ce qui concerne la partie postérieure de l'operculisation, après section de la lèvre supérieure, recouvrant elle-même la partie supérieure du lobe piriforme (rhinencéphale), on voit le second sillon d'operculisation : la rhinale postérieure.

Sur la face interne de l'hémisphère, existe un splénial qui ne passe pas sur la face externe. Il est doublé, vers l'intérieur, comme chez beaucoup d'Ongulés de grande taille, par un autre sillon moins marqué.

Le rhinencéphale est bien développé, ainsi qu'il est de règle chez les Artiodactyles.

En résumé, le cerveau de l'Okapi, inconnu jusqu'ici, ressemble beaucoup à celui de la Girafe par les caractères suivants :

1° L'indépendance du coronal qui prolonge, au contraire, la *suprasylvia* chez la plupart des Sélénodontes.

2° Le mode d'operculisation de la région sylvienne, unique parmi les Artiodactyles, qui rappelle ce qui existe chez les Périssodactyles (*Equus*, R. Anthony et J. de Grzybowski, 1930; Tapir, M. Friant, 1942).

3° La situation du splénial, tout entier sur la face interne de l'hémisphère, alors qu'il passe, en partie, sur la face externe chez beaucoup de Ruminants.

Le cerveau de l'Okapi diffère toutefois de celui de la Girafe par sa plus grande largeur (qui égale sa longueur), le morçellement de la *suprasylvia* (dont la partie antérieure, *suprasylvia* proprement dite, est nettement séparée de la partie postérieure ou *postsylvia*) et celui, plus marqué encore, de l'ectolatéral.

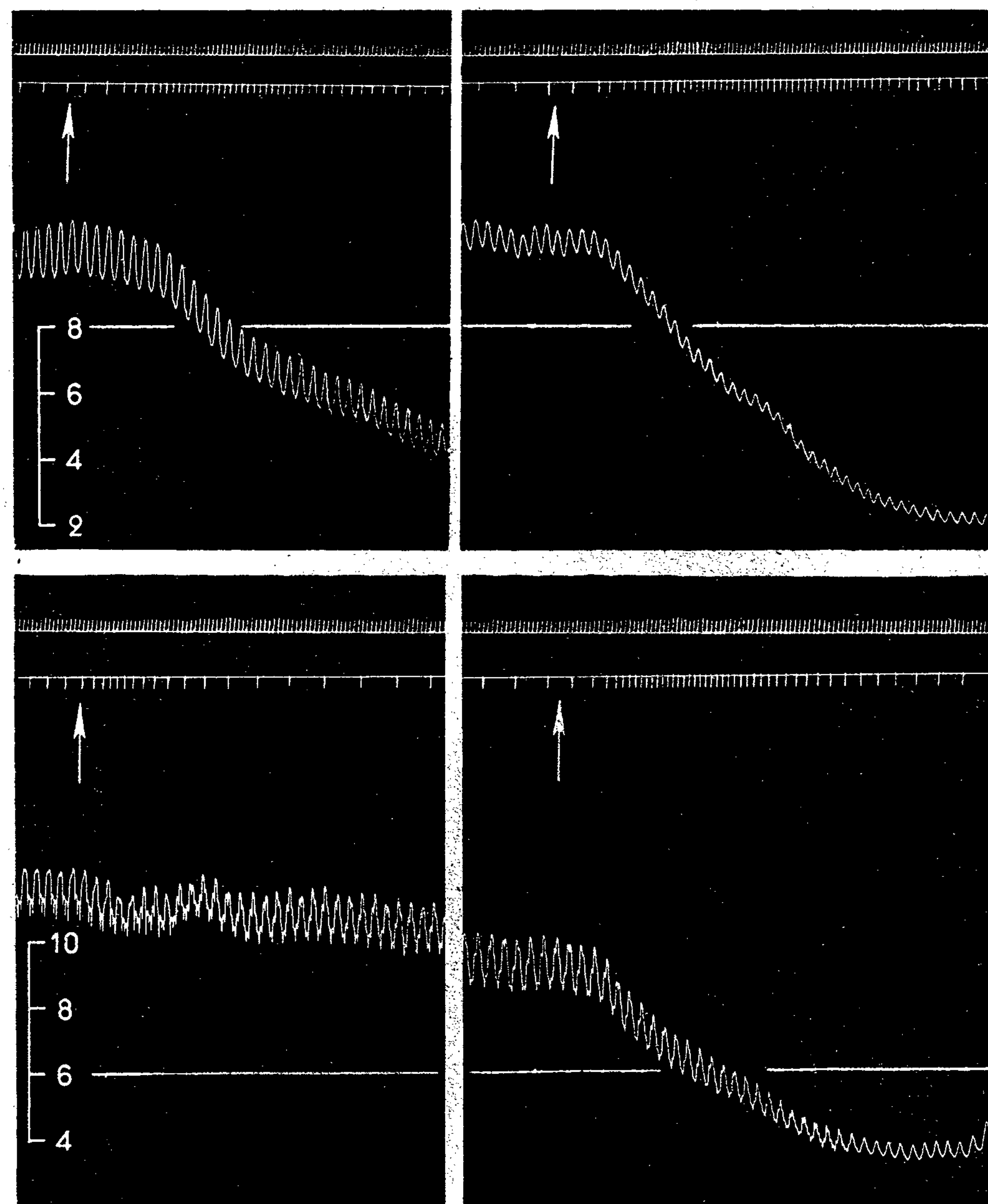
PHARMACODYNAMIE. — *Peut-on considérer comme un phénomène de tachyphylaxie le fait que des injections répétées de certaines phénylamines sont de moins en moins hypertensives et deviennent même hypotensives?* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Si l'on injecte à plusieurs reprises une même dose moyenne de certaines phénylamines (éphédrine, véritol, benzédrine, pervitine etc.), chacune de ces injections n'étant pratiquée qu'après le retour de la pression artérielle au voisinage de son niveau initial, on obtient d'abord des hypertensions de plus en plus réduites s'accompagnant de vasoconstriction de moins en moins marquée, puis finalement de l'hypotension et de la vasodilatation. De nombreux auteurs ont voulu voir là des cas nouveaux de cette *immunisation rapide contre l'action toxique* que Champy et Gley ont désignée sous le nom de *tachyphylaxie*.

Ayant constaté que la tyramine et l'hordénine se comportent comme les phénylamines dites tachyphylactisantes, nous avons pu nous assurer, par la méthode de perfusion *in situ* de la patte postérieure de Chien normalement innervée et irriguée, qu'une vasodilatation très nette se produit souvent à la suite de la première application d'une dose non seulement forte, mais même faible de ces deux substances. C'est ainsi que, dans une expérience (tracés supérieurs), la première injection dans l'artère fémorale de $5^{mg}$ de tyramine a augmenté de quatre fois le débit sanguin de la veine fémorale correspondante, cependant qu'une injection subséquente de $100^{mg}$ de cette même substance rendait ce débit six fois plus rapide, et ceci alors que l'une et l'autre injection avaient été suivies d'une forte chute de la pression carotidienne. C'est ainsi que, dans une autre expérience (tracés inférieurs), le débit sanguin de la veine fémorale a doublé après la première injection dans l'artère correspondante de $3^{mg}$ d'hordénine, et a sextuplé après celle pratiquée quelques minutes plus tard de $200^{mg}$ de cette même amine.

Puisque, par définition, la tachyphylaxie est un phénomène d'*immunisation rapide* qui exige qu'un même corps soit administré à deux reprises, ou que

deux corps de même comportement soient appliqués l'un après l'autre, nous ne pensons pas qu'on puisse considérer comme tachyphylactisantes des subs-




1re et 4e lignes : temps en secondes. 2e et 5e lignes : variations de l'écoulement de la veine fémorale de la patte postérieure gauche enregistrées par un compteur de débit du type Condon. 3e et 6e lignes : tensiogramme carotidien obtenu par le manomètre à mercure. A chacune des flèches, on a injecté, dans une ramification de l'artère fémorale de la patte postérieure gauche, une quantité appropriée de la substance active en solution dans $2^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Les essais ont été faits sur des chiens anesthésiés par le chloralose ($12^{cg}$ par kg), bivagotomisés au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre leur sang incoagulable, une injection intraveineuse de $9^{mg}$ de polyanétholsulfonate de sodium (liquide Roche) par kg. Tracés réduits d'un tiers.

TRACÉS SUPÉRIEURS : *Expérience du* 28 *juillet* 1930. — Chien de $16^{kg}$. Injections dans le tracé de gauche, de $5^{mg}$; dans le tracé de droite, de $100^{mg}$ de chlorhydrate de tyramine.

TRACÉS INFÉRIEURS : *Expérience du* 1er *août* 1930. — Chien de $23^{kg}$. Injections, dans le tracé de gauche, de $3^{mg}$; dans le tracé de droite, de $200^{mg}$ de sulfate d'hordénine.

tances qui peuvent, dans certains cas, provoquer des effets inverses de leurs effets normaux alors qu'elles sont injectées pour la première fois et qu'aucune substance pouvant influer sur elles n'a été injectée précédemment.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Nouvelle démonstration de la constance de la coexistence de la mélanine et de la riboflavine (vitamine* $B_2$*) chez les Crustacés.* Note de M. **René-Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

La recherche de la coexistence de la mélanine et de la riboflavine (vitamine $B_2$), que nous avions déjà signalée chez les Vertébrés inférieurs (1), devait être étendue aux Crustacés.

On sait qu'il existe deux types pigmentaires de Crustacés Décapodes (2) : 1° les Brachyoures, à mélanine; 2° les Anomoures et les Macroures (sauf Crangon), sans mélanine.

Les recherches ont été poursuivies sur des Crustacés originaires de Roscoff, d'Arcachon, de Gravelines (3), et appartenant aux espèces suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Espèces à mélanine | Brachyoures | *Cancer pagurus* L. |
| | | *Carcinides mænas* L. |
| | | *Eriocheir sinensis* M.-Edw. |
| Espèces sans mélanine | Anomoures | *Eupagurus bernahrdus* L. |
| | | *Galathea squamifera* Leach. |
| | Macroures | *Homarus vulgaris* M.-Edw. |
| | | *Astacus fluviatilis* Rond. |

Les dosages étaient faits selon la technique d'Euler et Adler, modifiée par Gourévitch, et les recherches histologiques poursuivies au microscope à fluorescence de Reichert.

Les principaux résultats sont indiqués en γ de riboflavine par gramme de tissus frais, dans le tableau ci-dessous :

| Tissu étudié | Espèces à mélanine. | Espèces sans mélanine. |
|---|---|---|
| Hypoderme dorsal | 24 à 305 | o |
| Hypoderme ventral | 5 91 | o |
| Carapace | 1 6 | o |
| Glande antennaire | 14 275 | o à 7 |
| Œil | 5 7 | o |
| Hépato-pancréas | 3 15 | 4 à 7 |

L'examen de ce tableau, qui résume plus de 200 dosages, nous amène aux conclusions suivantes :

1° La coexistence de la riboflavine dans le mélanocyte, dont nous avions déjà fait la démonstration avec Fontaine (4) chez les Poissons, puis avec

---

(1) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 189.

(2) Verne, *Thèse Fac. des Sc.*, Paris, 1921.

(3) Les *Eriocheir* originaires de cette localité nous ont été procurés par M. Hoestland.

(4) M. Fontaine et R.-G. Busnel, *Bull. de l'Inst. Océanogr.*, 1938, n° 742; 1939, n° 782.

Verne ([5]), par la méthode de la culture des tissus, est à nouveau confirmée et dans un nouveau groupe du règne animal.

2° L'absence de mélanine entraîne l'absence de riboflavine.

3° Les différences de métabolisme pigmentaire de deux types de Crustacés, déjà signalées par Verne ([2]), pour la mélanine, se retrouvent pour la riboflavine.

4° Ces différences mettent en évidence des comportements physiologiques éloignés, en particulier dans le métabolisme de l'excrétion. On les observe notamment dans un blocage de la riboflavine dans les mélanocytes et dans la glande antennaire. Pour le tissu de cet organe, ce blocage semble analogue à celui que nous avons signalé avec A. Drilhon ([6]), dans le tube de Malpighi des Insectes.

Des dosages sur l'élimination comparative de ces deux types mettraient mieux en relief les variations de la physiologie pigmentaire de ces Crustacés.

5° Ainsi que l'ont montré M. Fontaine et A. Raffy ([7]), la constante de la teneur en hépatoflavine n'est pas en rapport étroit avec la présence de mélanine; elle relève d'une physiologie différente.

6° La non-formation de mélanine chez les Anomoures et les Macroures tient, d'après Verne, à ce que l'accepteur sur lequel porte l'action du ferment est différent ou engagé dans une combinaison différente de celui des Crustacés à mélanine. C'est en nous appuyant sur cette notion que nous pouvons penser, en ce qui concerne la riboflavine et la mélanine, au rôle commun de ces deux substances dans quelques réactions chimiques originelles.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Présence de vitamine* $B_2$ (*riboflavine*) *chez l'Escargot. Répartition dans les principaux organes. Variations au cours du jeûne et de l'hibernation.* Note de M^lles **Anne Raffy** et **Renée Ricart**, présentée par M. Paul Portier.

Une seule donnée, jusqu'à présent, nous renseigne sur la présence de vitamine $B_2$ chez l'Escargot. Gourévitch ([1]), l'ayant dosée chez un *Helix aspersa* muré, *in toto*, en évalue la teneur à 16 $\gamma$ par gramme de tissus frais, teneur assez élevée pour un Mollusque ([2]).

Afin de préciser la localisation de la vitamine $B_2$ chez ces Gastéropodes, nous en avons étudié la répartition dans les principaux organes en nous adressant à *Helix pomatia* L. Nous avons employé la technique de dosage de

---

([5]) J. Verne et R.-G. Busnel, *C. R. Soc. Biol.*, 136, 1942, p. 164.

([6]) R.-G. Busnel et A. Drilhon, *Arch. de Zool. Exp. et Génér.*, 82, v, 1942.

([7]) *Act. Sci. et Indust.*, Paris, 1940, n° 871.

([1]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 19, 1937, p. 125.

([2]) M. Fontaine et A. Raffy, *Act. Sc. et Indus.*, n° 871, Paris, 1940.

Gourévitch (1). D'après le tableau I, on constate que l'hépatopancréas est l'organe le plus riche (16,3 γ/g); le rein du même individu a présenté un taux de 7 γ/g, tandis que les muscles n'en renfermaient que 1,4 γ/g et l'ensemble des organes génitaux 2,3. Cet individu, étudié au début d'octobre, était réveillé et

TABLEAU I.

*Teneur en vitamine* $B_2$ *des organes d'*Helix pomatia *L. réveillés* (octobre) (en γ/g d'organes frais).

| | A jeun. | A jeun. | Nourris. |
|---|---|---|---|
| Muscle | 1,40 | 2,28 | 1,64 |
| Manteau | 3,20 | 8,24 | 7,75 |
| Hépatopancréas | 16,30 | 15,38 | 13,44 |
| Reins | 7 | | 5,20 |
| Organes génitaux | 2,30 | 1,30 | 2 |

jeûnant. D'autres individus, conservés à jeun ou nourris à la même époque, ont également présenté le taux le plus élevé dans l'hépatopancréas, le plus bas dans les muscles et les organes génitaux (tableau I).

Nous étant ainsi assurées de la richesse de l'hépatopancréas, c'est dans cet organe que nous avons pratiqué des dosages de vitamine $B_2$ à divers moments

TABLEAU II.

*Teneur en vitamine* $B_2$ *de l'hépatopancréas* (en γ/g d'organes frais).

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Helix pomatia* | moyenne de plusieurs individus en hibernation | | 14 |
| | juin-juillet | réveillé nourri | 4,8 |
| | | » à jeun | 8,8 |
| | | » » | 10,3 |
| *Helix aspersa* juillet-août | moyenne de plusieurs individus réveillés et nourris | | 13,2 |
| | réveillé à jeun depuis 20 jours | | 21,9 |
| | » » » 30 » | | 35,6 |

de l'année, soit chez des hibernants, soit chez des individus réveillés, nourris ou à jeun (tableau II). La teneur en vitamine $B_2$ s'est montrée supérieure chez les hibernants, sa valeur moyenne étant de 14 γ/g de tissus frais, tandis qu'un Escargot en activité et nourri avait un taux de 4,8 γ. Chez des individus réveillés mais jeûnant, la teneur remontait aux environs de 8,8 à 10 γ.

Nous avons retrouvé le même fait chez *Hélix aspersa* Müll. Les hépatopancréas des individus réveillés et nourris ont donné une moyenne de 13,2 γ. Au cours du jeûne, cette valeur a remonté à 22 γ au bout de 22 jours de jeûne et à 35 γ au bout d'un mois. Ces dernières teneurs expliquent le résultat élevé obtenu, pour un individu entier, par Gourévitch (1) qui avait dosé la flavine chez un *Helix aspersa* muré. L'*Helix aspersa* serait plus riche que l'*Helix pomatia*. Pour nous, nous avons dosé, *in toto*, au mois d'août 3,8 γ de vitamine $B_2$ par gramme de tissus frais chez un *Helix aspersa* réveillé

et nourri, et 8,4 γ/g chez un individu du même lot à jeûn depuis 30 jours (tableau III).

TABLEAU III.

| | | |
|---|---|---|
| *Helix aspersa* entier (août) | réveillé nourri (par gramme de tissus frais) | 3,8 |
| | » à jeun depuis 30 jours (par gramme de tissus frais) | 8,4 |

En résumé, hibernation et jeûne ont le même effet, un accroissement de la teneur en vitamine $B_2$ de l'hépatopancréas, et par suite de l'individu tout entier.

La variation de la teneur en eau des tissus expliquerait-elle cet accroissement? D'après Fischer ([3]), chez les animaux non nourris les organes se déshydratent de janvier à juillet, mais dans le foie 8 à 9 % de l'eau seulement sont perdus en 6 mois. L'élévation de teneur en riboflavine est, d'après nos résultats, beaucoup plus importante. Par exemple, elle double pour *Helix pomatia* au cours du jeûne et triple presque au cours de l'hibernation.

La déshydratation ne peut donc rendre compte entièrement du phénomène que nous constatons, qui doit plutôt être en rapport avec les variations de l'excrétion selon l'état de jeûne ou de nutrition.

GÉNÉTIQUE. — *Apparition et fixation d'un gène mutant dans une population stationnaire de Drosophiles*. Note de M. **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

Au cours d'expériences sur la sélection naturelle poursuivies avec Ph. L'Héritier, nous avons introduit à bien des reprises des gènes mutants dans une population de Drosophiles normales sans qu'aucun ait jamais réussi à s'y maintenir. Le hasard m'a permis d'obtenir, dans des conditions exceptionnellement favorables, le résultat cherché en vain pendant cinq ans; le gène, qui s'est fixé dans une population de *D. melanogaster*, y est en effet apparu par mutation spontanée.

La population dans laquelle elle s'est produite était conservée pour l'étude de certains gènes du deuxième chromosome et avait un troisième chromosome entièrement normal. La technique d'élevage était celle que nous employons constamment dans l'étude de la sélection naturelle et dans laquelle, à chaque génération, plus des neuf dixièmes des larves sont éliminées automatiquement par le jeu de la concurrence pour l'aliment. En février 1942 il fut constaté que cette population renfermait un nouveau gène affectant la couleur des yeux, qui fut rapidement identifié comme étant un allèle du gène *sepia*, *se*, du troisième chromosome, dont rien ne le différencie apparemment. Conformément aux règles fixées par les congrès de Génétique, ce mutant, découvert le 27 février 1942, doit être désigné par le symbole $se^{42b27}$, ou plus simplement par $se^{42}$.

---

([3]) *Thèse de Sciences*, Paris, 1931.

Des dénombrements périodiques ont permis de suivre les variations de la fréquence $p$ du gène $se^{42}$ dans la population des œufs. Les croisements se faisant au hasard, $p$ est égal à la racine carrée de la fréquence des homozygotes $se^{42}/se^{42}$, grandeur qu'il est facile de déterminer sur un échantillon de quelques milliers d'œufs placés sur une quantité d'aliment suffisante pour éviter toute concurrence entre les larves.

| Semaine. | *se* %. | Sem. | *se* %. | Sem. | *se* %. | Sem. | *se* %. | Sem. | *se* %. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.... | 9,1 | 9.... | 20,3 | 19.... | 20,8 | 25.... | 23,2 | 31.... | 22,8 |
| 2.... | 12,0 | 11.... | 19,8 | 20.... | 20,0 | 26.... | 21,9 | 32.... | 21,9 |
| 3.... | 14,8 | 14.... | 20,0 | 21.... | 20,9 | 27.... | 22,0 | 33.... | 22,0 |
| 4,5.. | 15,7 | 16.... | 22,2 | 22.... | 23,2 | 28.... | 22,2 | 34.... | 21,9 |
| 6,5.. | 17,7 | 17.... | 25,0 | 23.... | 24,8 | 29.... | 23,5 | 35.... | 22,2 |
| 8.... | 18,8 | 18.... | 23,1 | 24.... | 24,7 | 30.... | 24,0 | | |

Moyenne de la 8e à la 35e semaine (59607 Drosophiles) *se* %.............. 22,23
Moyenne de la 16e à la 35e semaine (48080 Drosophiles) *se* %.............. 22,74

Le tableau ci-dessus montre que la fréquence du gène $se^{42}$ paraît s'être à peu près stabilisée depuis six mois, c'est-à-dire depuis une quinzaine de générations, aux environs de 0,225. L'expérience ainsi réalisée par le hasard a été reproduite volontairement. Une lignée de type sauvage, extraite de la population en question, a servi à fonder une nouvelle population dans laquelle a été introduite à la concentration d'environ 0,01 le gène $se^{42}$. Un mois et demi plus tard, c'est-à-dire trois générations après la contamination, la fréquence du gène mutant dépassait 0,20.

Les faits précédents montrent clairement que le gène $se^{42}$ est capable malgré la sévérité de la concurrence larvaire, de se substituer partiellement à son allèle normal, à raison de 10 gènes $se^{42}$ pour 34 gènes $+_{se}$. J'ai cherché à voir si cette même fréquence pouvait être atteinte en partant de populations $se^{42}/se^{42}$, contaminées par des Drosophiles non *se*, mais les résultats de cette expérience risquent de se faire attendre longtemps encore : une population contaminée par des Drosophiles de type sauvage où se trouvaient au début de l'expérience 99 % de gène $se^{42}$, en contenait encore 90 % après trois mois et demi; une autre, contaminée par des *ebony e/e*, renfermait encore, cinq mois et demi plus tard, 78 % du gène $se^{42}$.

Deux mécanismes différents pourraient rendre compte des faits observés. Le premier postule la diversité des besoins des races $se^{42}/se^{42}$ et $+_{se}/+_{se}$. Une larve $se^{42}/se^{42}$ serait concurrencée plus fortement par une larve de même génotype, qui a exactement les mêmes exigences qu'elle, que par une larve normale dont les besoins sont, pour une part, quelque peu différents, et réciproquement. On conçoit que, s'il en est vraiment ainsi, un équilibre puisse s'établir entre les gènes $se^{42}$ et $+_{se}$. Dans la deuxième interprétation, les besoins des larves sont qualitativement identiques et les différences physiologiques entre les divers génotypes $se^{42}/se^{42}$, $se^{42}/+_{se}$, $+_{se}/+_{se}$ ne sont que

quantitatives. On démontre alors qu'il doit exister un équilibre stable entre les deux allèles si l'hétérozygote a une *valeur sélective* supérieure à celle des deux homozygotes, c'est-à-dire s'il est plus vigoureux ou plus fécond qu'eux. Le choix entre les deux mécanismes, qui ne s'excluent d'ailleurs pas entièrement, ne peut découler que de recherches longues et délicates qui n'ont pu encore être entreprises.

Les faits qui viennent d'être rapportés sont remarquables en ce qu'ils montrent qu'un gène nouveau peut s'installer au sein d'une population dans laquelle il est apparu par mutation, qu'il peut s'y propager malgré la concurrence larvaire, qu'il peut enfin s'y stabiliser à une fréquence assez élevée. On sait qu'en règle générale les gènes mutants sont éliminés assez rapidement par leurs allèles normaux, et qu'on a même tiré parti de cette constatation pour donner à la sélection naturelle le rôle exclusif d'un agent conservateur du type normal de l'espèce. La génétique statistique moderne postule au contraire que la sélection peut être novatrice, qu'elle peut fixer au sein d'une espèce des mutations nouvelles et maintenir ainsi, à un niveau suffisant, la fluctuation génique qui conditionne et prépare les évolutions futures. Le cas de $se^{42}$ illustre remarquablement la justesse de cette conception.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets de la castration chez un Mollusque*, Limax maximus *L.* Note (¹) de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

La castration directe n'a, jusqu'à présent, été réalisée chez aucun Mollusque. Seules, quelques observations de *castration parasitaire*, d'interprétation toujours délicate, ont permis de formuler quelques hypothèses touchant les relations possibles entre la glande génitale et les caractères sexuels somatiques dans ce groupe d'animaux.

*Limax maximus* pond normalement en automne. Au mois de juillet, la glande de l'albumine est encore rudimentaire ou peu développée, mais la glande hermaphrodite présente son volume maximum. C'est à cette époque que j'ai pu réaliser l'ablation totale ou partielle de la glande génitale. L'opération ne comporte pas d'autre traumatisme que la section du canal hermaphrodite et l'ablation d'une portion de l'extrémité postérieure du pied. La mortalité est nulle et les opérés, régulièrement nourris à la température du laboratoire, ont conservé un poids équivalent à celui des témoins. Ceux-ci ont commencé à pondre en novembre. Ils présentaient alors, comme tous les individus capturés à cette époque, une glande de l'albumine complètement développée, un oviducte gonflé, une glande hermaphrodite peu volumineuse.

Le tractus génital des castrats, sacrifiés en novembre, quatre mois après

(¹) Séance du 14 décembre 1942.

l'opération, contraste avec celui des témoins. La glande hermaphrodite ne s'est pas régénérée. La partie non réséquée du canal hermaphrodite n'a subi aucune modification. Le pénis ne montre aucun signe de régression : la longueur du pénis déroulé dépasse le double de la longueur de la coquille (limacelle), alors qu'elle est inférieure à cette dernière longueur chez les individus impubères. Par contre, l'oviducte ne montre aucun gonflement glandulaire et la glande de l'albumine est rudimentaire. Ces parties de l'appareil génital sont nettement moins développées que chez certains témoins sacrifiés en juillet. Il est donc possible que la castration ait, non seulement inhibé le développement de ces parties, mais qu'elle en ait provoqué la régression.

J'ai réalisé chez un individu une castration incomplète, par ablation de la partie postérieure de la glande hermaphrodite. L'appareil génital de cet individu, sacrifié en novembre, ne diffère pas de celui des témoins non opérés, sauf par la glande hermaphrodite, qui est plus petite et ne semble pas s'être régénérée.

De ces expériences se dégagent deux conclusions nettes :

1° La castration post-pubérale est sans influence sur le développement du pénis.

2° La présence d'une portion au moins de la glande hermaphrodite est indispensable au développement des parties glandulaires du tractus génital, glande de l'albumine et glandes de l'oviducte.

Cette action de la glande génitale s'exerce-t-elle par voie humorale, ou par l'intermédiaire des produits sexuels éliminés par les voies génitales? Le fait qu'une faible partie de la masse de la glande peut suppléer la glande entière parle plutôt en faveur de la première hypothèse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Caractères de la phosphomonoestérase* très acide. Note (1) de M. **Nguyen van Thoai**, présentée par M. Henri Colin.

L'étude des organes animaux et végétaux a montré d'une part la très grande labilité de la monoestérase de pH optimum 4 et d'autre part la fréquence de son inhibition naturelle. Les inactivateurs de cette phosphatase, surtout actifs à pH peu élevé, l'empêchent souvent de manifester sa présence dans les extraits bruts d'organes. Ils peuvent dans certains cas être éliminés par dialyse (levure haute, foie) ou par adsorption (Moisissures, Champignons). La présente Note a pour but de montrer que la répartition de cet enzyme est universelle, en particulier chez les végétaux, c'est à tort que l'on admet son absence dans les plantes vertes (2); si la nature de l'inhibition *naturelle* de cet enzyme reste à préciser, il faut en marquer dès maintenant la généralité.

(1) Séance du 7 décembre 1942.

(2) F. F. Nord et R. Weidenhagen, *Handbuch der Enzymologie*, Leipzig, 1940.

Reprenant le matériel d'étude qui avait servi aux recherches antérieures, nous avons examiné les graines de Soja et celles d'Amande douce. Confirmant les travaux de Kay et Lee (3), de Giri (4), nous avons observé que les extraits bruts de Soja, dialysés ou non, ont un seul pH optimum d'action à 5,6. Par contre, après adsorption sur alumine, leur pH optimum d'action se déplace à 4,3, tandis que celui du liquide d'élution est de 5,6.

Les produits d'adsorption, comme les extraits bruts dialysés, présentent en outre une forte inhibition de l'enzyme par le magnésium dans la zone de pH 3,6-4,3, tandis que, pour une acidité moindre, l'hydrolyse phosphomonoestérasique n'est guère influencée par cet ion, la zone de pH allant de 4,3 à 4,6 séparant les domaines d'action de deux enzymes. Le fait d'être inhibé par $Mg^{++}$ apparaît ainsi comme l'un des caractères les plus constants de la phosphatase très acide.

La seule exception que nous ayons rencontrée quant à l'inhibition des phosphatases par $Mg^{++}$ en milieu assez fortement acide, a été relevée à propos de l'émulsine. La monoestérase des graines d'Amande douce est légèrement inhibée par $Mg^{++}$ au pH optimum de 5,6 (5). Nous avons cependant observé que des émulsines préparées avec des amandes fraîches ou sèches, et même des extraits acétiques dialysés de graines sont activés à pH bas, non seulement par $Mg^{++}$, mais également par $Ca^{++}$. Le pourcentage d'activation, nul dans le cas des émulsines commerciales avant purification, atteint parfois 200 %, la zone d'activation diminuant à mesure que le pH s'élève; à partir de 4,6 $Mg^{++}$ et $Ca^{++}$ deviennent légèrement inhibiteurs ou restent sans influence.

L'action différente des ions métalliques dans les deux zones de pH pouvant indiquer la présence de deux phosphatases, nous avons entrepris de purifier les diverses émulsines. L'adsorption sur alumine ne modifie pas les caractères enzymatiques des préparations. Après adsorption sur kaolin, le liquide restant présente un pH optimum de 4,8. Si le pourcentage d'hydrolyse à pH 5,6 est pris comme référence avec la valeur de 100, il est égal à 30 à pH 3,6 avant purification et à 70 après adsorption et en présence de calcium. La position du pH 4,8 est intermédiaire; elle s'explique par la labilité de l'enzyme très acide, particulièrement à la suite d'un séjour prolongé en milieu acide (durée de l'hydrolyse enzymatique 8 heures). Le même fait a été noté à propos des hématies (J. Roche, Nguyen van Thoai et J. Baudouin). Ces résultats permettent de penser que l'émulsine contient également une monoestérase *très acide* de caractère un peu particulier.

La phosphatase *très acide* se trouve donc chez les végétaux verts comme dans les autres organismes végétaux ou animaux. Son inhibition *naturelle* est un

(3) *J. Biol. Chem.*, 91, 1931, p. 135.
(4) *Zeits. physiol. Chem.*, 245, 1931, p. 185.
(5) J. Courtois, *Thèse de Doctorat ès Sciences physiques*, Paris, 1938.

caractère général. Sa forte inhibition par $Mg^{++}$ est un fait régulier, sauf dans le cas de l'émulsine, où l'enzyme est activé non seulement par cet ion, mais également par $Ca^{++}$.

IMMUNOLOGIE. — *Vaccination contre la fièvre jaune au moyen de virus de culture réactivé.* Note de M. **Georges-Jean Stefanopoulo**, présentée par M. Émile Roubaud.

Depuis 1936, le service des vaccinations contre la fièvre jaune, à l'Institut Pasteur, utilise comme vaccin un virus viscérotrope atténué par culture, *in vitro*, en tissu embryonnaire de Poulet. Les réactions post-vaccinales, avec ce virus, furent toujours insignifiantes. En outre, sa transmission par piqûres de Stégomyies n'a pu être réalisée expérimentalement ([1]). Au fur et à mesure des repiquages on a noté, pour la souche vaccinale utilisée, un abaissement notable de la virulence ainsi que du pouvoir antigénique. Chez l'Homme, les anticorps spécifiques n'étaient souvent décelables dans le sérum que vers le 30e jour de la vaccination et à un taux peu élevé. La réactivation du virus a été obtenue par un simple passage, soit par le cerveau de Souris, soit par l'embryon de Poulet inoculé directement dans l'œuf.

Une série d'expériences poursuivies au cours de ces dernières années m'avaient démontré que l'activité de cette même souche pouvait être encore renforcée à la suite de plusieurs passages (jusqu'à dix au moins) par le cerveau de Souris. Au fur et à mesure des passages, on note un raccourcissement de la durée moyenne de la maladie chez ce rongeur. D'autre part le pouvoir pathogène n'est pas augmenté pour le Macaque, le Hérisson et le Cobaye. Enfin, fait important, deux essais, effectués avec É. Roubaud, ont fait ressortir que la souche réactivée après un sixième passage par Souris est demeurée, comme le vaccin du début, non transmissible, de Singe à Singe, par voie stégomyienne.

La souche réactivée par 1 à 10 passages par Souris a servi, en 1942, à la vaccination de 102 personnes, qui ont reçu, par voie sous-cutanée, de 5000 à 50000 doses minima mortelles pour la Souris. Parmi ces vaccinés on compte 5 enfants, âgés de 10 mois à 8 ans, et 4 adultes, de 57 à 65 ans. Les réactions post-vaccinales furent extrêmement légères; on nota une élévation de température entre le 4e et le 8e jour, chez 15 personnes, dont 5 seulement ont atteint 38-38°,5 C. Le test de séroprotection, recherché dans 26 cas, 20 à 30 jours après la vaccination, s'est montré positif dans 24 cas, dont 11 fortement. Après cette première vaccination, certains sujets ont subi une revaccination avec un virus beaucoup plus actif, sans inconvénients. La durée de l'immunité acquise est à l'étude.

([1]) É. Roubaud, G. J. Stefanopoulo et G. M. Findlay, *Bull. Soc. Path. exot.*, 30, 1937, p. 581.

En résumé, un virus amaril de culture, devenu très peu actif à la suite d'une longue série de repiquages, a pu, après un certain nombre de passages successifs par souris, récupérer son pouvoir antigénique initial et servir de nouveau à la préparation de vaccins efficaces. L'entretien, par ce procédé, d'un virus vaccinal de pouvoir pathogène faible permet d'éviter l'emploi du virus *fixe* de souris dont le neurotropisme, en particulier, s'est parfois manifesté chez l'Homme par des réactions assez sévères.

BACTÉRIOLOGIE. — *Production d'acétylméthylcarbinol par une bactérie anaérobie stricte*, Ramibacterium ramosum. Note de M. **André-Romain Prévot** et M^lle^ **Jacqueline Taffanel**, présentée par M. Louis Martin.

La production d'acétylméthylcarbinol par certaines espèces bactériennes aérobies est bien connue depuis les travaux de Grimbert (1901), Harden (1912) et Lemoigne ([1]). Son étude a un double intérêt : elle éclaire le mécanisme intime de la fermentation bactérienne des glucides et elle apporte un caractère déterminatif de la plus haute valeur. C'est ainsi que, d'une part, on a pu voir que l'a. m. c. provenait de son isomère cétonique, l'aldol, qui lui-même dérive de l'acétaldéhyde, produit de la décarboxylation de l'acide pyruvique, stade intermédiaire obligatoire du métabolisme des hexoses; que l'a. m. c. enfin pouvait donner naissance au 2.3-butylène-glycol, produit terminal de ce métabolisme. D'autre part la production d'a. m. c. aide au diagnostic des genres et espèces : par exemple, dans le groupe des *Enterobacteriaceæ* Rahn, tribu des *Escherichеæ*, les genres *Escherichia* C. et C. et *Klebsiella* Trevisan, qui ne produisent pas d'a. m. c., ont pu être séparés aisément du genre voisin *Aerobacter* Beijerink, qui en produit abondamment.

Mais si la question de l'a. m. c. est très avancée pour les aérobies, il est loin d'en être de même pour les anaérobies stricts. Il est en effet impossible de discerner, dans les travaux de Peterson et Johnson ([2]), si les ferments acétono-butyliques qu'il a vu produire de l'a. m. c. sont anaérobies stricts ou facultatifs. Il en est de même pour les travaux de Yanouki et Karasima ([3]).

En essayant d'élucider ce point particulier, nous avions recherché ([4]) si les ferments acéto-butyriques et acétono-butyliques de notre collection étaient capables de produire de l'a. m. c. Nous avions utilisé pour cela des souches appartenant aux espèces *Cl. butyricum*, *W. perfringens*, *W. paludis*, *Cl. histo-*

([1]) *Ann. Inst. Pasteur,* **27**, 1913, p. 856; *Comptes rendus,* **155**, 1912, p. 792; **170**, 1920, p. 131.

([2]) *Journ. of. Bact.*, **25**, 1933, p. 69.

([3]) *Enzymologia,* **3**, 1937, p. 271.

([4]) Prévot et Taffanel, *Ann. des Ferm.*, **7**, 1942, p. 65; *Ann. Inst. Past.*, **68**, 1942, p. 559.

*lyticum. F. fusiformis, Pl. fluxum, Ac. dubitatus*, et avions constaté qu'aucune d'entre elles ne produit d'a. m. c. même dans les conditions où Peterson et Johnson, puis Yanouki et Karasima, en avaient obtenu. D'autre part nous avions vu le même résultat négatif avec 100 souches anaérobies strictes appartenant à 62 espèces différentes, cultivées en bouillon glucosé à 1 % à 37°. Nous en avions conclu à l'extrême rareté de la production d'a. m. c. par les anaérobies stricts, si toutefois celle-ci existait.

Cependant nous avons poursuivi cette recherche et, en opérant avec deux souches de *Ramibacterium ramosum* (Veillon et Zuber) P. 1938, ferment formo-acéto-lactique, isolées toutes deux de cas d'appendicite aiguë, nous avons constaté, par la méthode de Lemoigne, une production d'a. m. c. en bouillon VF glucosé à 1 %, abondante pour la souche R 73 et modérée pour la souche D. Mais, contrairement aux conclusions de Yanouki et Karasima, nous avons observé cette production aussi bien à 37° qu'à 26° et aussi bien aux premiers stades de la fermentation que jusqu'à la 96e heure. Après le 4e jour, la quantité d'a. m. c. diminue dans les cultures, mais il en reste cependant encore au 18e jour de la fermentation à 26° et au 12e jour de la fermentation à 37°. Contrairement aussi aux conclusions de Kitasato ([5]), nous avons vu que la présence d'un glucide fermentescible est nécessaire à cette production d'a. m. c. et que l'acide pyruvique ne peut pas remplacer l'absence de glucose. Nous avons vu de plus, avec l'aide de M. Lemoigne, qu'il ne se produit pas de 2.3-butylène-glycol dans les cultures de *R. ramosum* dans les conditions de l'expérience.

Ces faits, en dehors de leur importance propre, nous permettent désormais de faire le diagnostic de l'espèce *R. ramosum* en 24 heures, ce caractère apparaissant très rapidement en culture et facilitant la différenciation d'avec les autres espèces du genre *Ramibacterium*. En effet notre souche 89 A de *R. pseudoramosum* ne produit pas d'a. m. c., pas plus que nos souches de *R. ramosoides* et de *R. alactolyticum* ([6]).

*Conclusions.* — La production d'acétylméthylcarbinol, bien que très rare, existe chez les anaérobies stricts, *R. ramosum* en étant le premier exemple indiscutable. Cette production a lieu aussi bien à 37° qu'à 26°, aussi bien au début qu'aux stades avancés de la fermentation; elle exige la présence d'un glucide tel que le glucose et que l'acide pyruvique ne peut pas remplacer. Les autres espèces du genre *Ramibacterium* n'en produisent pas.

A 16h15m l'Académie se forme en Comité secret.

---

([5]) *Bioch. Zeitschr.*, 195, 1928, p. 118.

([6]) Prévot et Taffanel, *Ann. Inst. Pasteur*, 68, 1942, p. 259.

## COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par la mort de M. *Alexandre Desgrez*, présente la liste suivante :

| | |
|---|---|
| *En première ligne*........... | M. **Albert Pérard**. |
| *En seconde ligne*, ex æquo *par ordre alphabétique*......... | MM. **Joseph Bougault**.<br>**Pierre Chevenard**.<br>**Louis Hackspill**.<br>**André Kling**.<br>**Henri Piéron**. |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 27 avril 1942.)

Note de M<sup></sup>me *Georges Igolen*, née *Saurin*, Notes sur l'essence absolue de lis (*Lilium candidum* L.) :

Page 773, ligne 34, *au lieu de* nous avons préparé, *lire* nous n'avons pu préparer; ligne 35, *au lieu de* diphényluréthanes, *lire* phényluréthanes.

(Séance du 16 novembre 1942.)

Note de M. *Didier Bertrand*, Le vanadium dans les Ascidies :

Page 478, ligne 9, au lieu de *Perophoridæ*..... néant, lire *Perophoridæ*, néant.
ligne 14, » *Corellidæ*........ néant, » *Corellidæ*, néant.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 11 JANVIER 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE SECRÉTAIRE D'ÉTAT A L'ÉDUCATION NATIONALE ET A LA JEUNESSE** adresse ampliation de l'arrêté, en date du 22 décembre 1942, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **ALBERT PORTEVIN** pour occuper, dans la Section des Applications de la science à l'industrie, la place vacante par le décès de M. *Maxime Laubeuf*.

Il est donné lecture de cet arrêté.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **ALBERT PORTEVIN** prend place parmi ses Confrères.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence faible.* Note de M. **GASTON JULIA**.

La convergence forte dans un espace hilbertien est, comme on sait, caractérisée par des inégalités portant soit sur la distance des points infiniment voisins (condition de Cauchy), soit sur leur distance au point limite. A ma connaissance, la convergence faible est caractérisée : soit par des inégalités portant sur les produits scalaires du vecteur variable de la suite avec un vecteur fixe, mais arbitraire, soit par de telles inégalités portant à la fois, *a*. sur les distances du point variable à un point fixe (l'origine), *b*. sur les produits scalaires du vecteur variable avec les vecteurs d'un système complet fixe. La présente Note se propose : d'une part de caractériser la convergence faible d'une suite de points (ou vecteurs) à l'aide des seules distances du point variable de la suite à *deux* points fixes, mais arbitrairement choisis; d'autre part d'analyser l'allure des distances du point variable à *un* point fixe, d'ailleurs arbitraire et d'examiner comment elle dépend du point fixe envisagé. Ceci conduit à distinguer dans les suites faiblement convergentes plusieurs types nettement distincts rejoignant par degrés la convergente forte. Nous raisonnerons sur l'espace d'Hilbert, mais on reconnaîtra immédiatement les extensions possibles aux espaces de Banach.

1. Soit $X_n$ une suite faiblement convergente vers $\alpha$; elle se caractérise par

le fait que le produit scalaire $(X_n, X)$ converge vers $(\alpha, X)$, quel que soit X. Mais $|X_n - X|^2 = |X_n|^2 - 2\mathcal{R}(X_n, X) + |X|^2$. Donc $|X_n - X|^2 - |X_n|^2$ *a, quel que soit* X *fixe, une limite* égale à $-2\mathcal{R}(\alpha, X) + |X|^2 = |\alpha - X|^2 - |\alpha|^2$. Avec un deuxième point fixe $X' \neq X$, $|X_n - X'|^2 - |X_n|^2$ aura de même une limite, et il en sera de même pour *la différence* $|X_n - X|^2 - |X_n - X'|^2$, *quels que soient les points fixes* X *et* X'. La valeur de la limite est $|\alpha - X|^2 - |\alpha - X'|^2$.

Cette condition nécessaire pour la convergence faible des $X_n$ est aussi *suffisante*. En effet, si elle est réalisée, $|X_n - X|^2 - |X_n|^2$ (correspondant à $X' = 0$) ayant une limite, il en sera de même de $\mathcal{R}(X_n, X)$, quel que soit X fixe. Remplaçant le point X par le point $iX$, on verra que $\mathcal{R}(X_n, iX) = -\mathcal{I}(X_n, X)$ aura aussi une limite. Donc $(X_n, X)$ aura une limite, quel que soit X fixe, par conséquent $X_n$ converge faiblement.

En définitive, la condition nécessaire et suffisante pour que $X_n$ converge faiblement est que *la différence des carrés des distances de* $X_n$ *à deux points fixes ait une limite pour* $n = \infty$, *quels que soient ces deux points fixes*. L'un des points peut être placé à l'origine, l'autre arbitraire et la condition équivaut à la convergence de $|X_n - X|^2 - |X_n|^2$, quel que soit X; les deux points peuvent être X et $-$X et la condition équivaut à la convergence de $|X_n - X|^2 - |X_n + X|^2$, quel que soit X.

2. Comment déterminer $\alpha$, limite faible de $X_n$, lorsque la condition est réalisée?

On aura

$$2\mathcal{R}(\alpha, X) = |X|^2 + \lim_{n=\infty} [\,|X_n|^2 - |X_n - X|^2]$$

et

$$2\mathcal{I}(\alpha, X) = -|X|^2 + \lim_{n=\infty} [\,|X_n - iX|^2 - |X_n|^2],$$

ce qui donne $(\alpha, X)$ pour tout X; en donnant à X les valeurs d'un système orthonormal complet, on aura $\alpha$. Cette méthode a le défaut de fournir $\alpha$ par son produit scalaire avec un vecteur arbitraire. On peut y remédier, en ne considérant que des distances, par une analyse directe de l'ensemble $|X_n - X|$, de ses limites, et par l'étude, en fonction de X, de ces limites.

3. On pourrait d'abord remarquer que

$$\lim_{n=\infty} [\,|X_n - X|^2 - |X_n|^2] = |\alpha - X|^2 - |\alpha|^2$$

est une fonction continue de X dont le minimum $-|\alpha|^2$ est atteint pour $X = \alpha$, ce qui caractérise $\alpha$; mais l'on peut préciser davantage.

$X_n$, faiblement convergent, étant borné en module, tous les $d_n(X) = |X_n - X|$ sont bornés lorsque X est fixé. Nous poserons $d(X) = \varliminf_{n=\infty} |X_n - X|$ et $D(X) = \varlimsup_{n=\infty} |X_n - X|$.

Reprenant $|X_n - X|^2 = |X_n|^2 - 2\mathcal{R}(X_n, X) + |X|^2$ où le deuxième membre

est la somme de $d_n^2(0)$ et d'une quantité qui tend vers

$$-2\mathcal{R}(\alpha, X)+|X|^2=|X-\alpha|^2-|\alpha|^2,$$

on aura, en considérant les limites supérieure et inférieure de $|X_n-X|^2$,

$$D^2(X)=D^2(0)-|\alpha|^2+|X-\alpha|^2 \quad \text{et} \quad d^2(X)=d^2(0)-|\alpha|^2+|X-\alpha|^2,$$

quel que soit X. Ceci montre que $d(X)$ et $D(X)$ sont des fonctions continues de X *atteignant leur minimum en* $\alpha$ *et* $\alpha$ *seulement*; d'ailleurs $D^2(\alpha)=D^2(0)-|\alpha|^2$, $d^2(\alpha)=d^2(0)-|\alpha|^2$, et par conséquent

$$(1) \qquad D^2(X)=D^2(\alpha)+|X-\alpha|^2 \quad \text{et} \quad d^2(X)=d^2(\alpha)+|X-\alpha|^2.$$

Le point $\alpha$, limite faible de $X_n$, est ainsi caractérisé comme *le point minimant d et* D. Les expressions (1) fournissent l'expression très simple de $d$ et D, montrent que $D^2(X)-d^2(X)$ est indépendant de X, permettent enfin de vérifier la propriété bien connue de la convergence faible exprimée par

$$(2) \qquad d(X)=\underline{\lim}_{n=\infty}|X_n-X|\geqq|\alpha-X|.$$

Et l'on voit en outre que, dans (2), l'égalité n'est possible que si $d(\alpha)=0$; autrement dit *l'égalité* (2) *ne se réalise en un point que si elle se réalise partout, et cela exige* $d(\alpha)=0$.

4. Que signifie la relation $d(\alpha)=0$? Elle caractérise l'existence dans la suite donnée d'une suite partielle d'indices $n_1<n_2<\ldots<n_k<\ldots$ tels que $\lim_{k=\infty}|X_{n_k}-\alpha|=0$, c'est-à-dire d'une suite partielle $X_{n_k}$ convergeant fortement vers $\alpha$.

On peut alors diviser en quatre classes les suites faiblement convergentes.

1[re] *classe*. — $d(\alpha)=D(\alpha)=0$. Alors $d(X)=D(X)=|X-\alpha|$ pour tout X. Ceci caractérise la convergence forte de $X_n$ vers $\alpha$; quel que soit X, $|X_n-X|$ tend vers $|\alpha-X|$.

2[e] *classe*. — $0<d(\alpha)=D(\alpha)$. Alors, pour tout X, $d(X)=D(X)>|X-\alpha|$. Aucune suite partielle $X_{n_k}$ ne converge fortement vers $\alpha$. Mais il est remarquable que $|X_n-X|$ *a une limite pour* $n=\infty$, *quel que soit* X *fixe*, limite égale à $\sqrt{d^2(\alpha)+|X-\alpha|^2}$. On peut résumer ceci en disant que, vue d'un centre quelconque X, la suite $X_n$ a une *épaisseur asymptotique nulle*.

3[e] *classe*. — $0=d(\alpha)<D(\alpha)$. Alors $d(X)=|X-\alpha|$ et $D(X)>|X-\alpha'|$ La suite $X_n$ *contient une suite partielle* $X_{n_k}$ *fortement convergente vers* $\alpha$; il ne peut y avoir de suite partielle convergeant fortement vers une limite $\alpha'$ différente de $\alpha$, car $d(\alpha')>0$; il y a au moins une autre suite partielle $X_{n'_k}$ telle que $|X_{n'_k}-\alpha|$ converge vers $D(\alpha)>0$, cette suite converge faiblement, et non fortement, vers $\alpha$. On a $D(X)-d(X)=\sqrt{D^2(\alpha)+|X-\alpha|^2}-|X-\alpha|$, dont le maximum, atteint en $\alpha$, est $D(\alpha)$; vue du centre X, la suite $X_n$ a *une épaisseur asymptotique non nulle dont le maximum, atteint en* $\alpha$, *est* $D(\alpha)$.

4[e] *classe*. — $0<d(\alpha)<D(\alpha)$, et $|X-\alpha|<d(X)<D(X)$ pour tout X.

C'est la convergence la plus faible. La suite $X_n$ ne contient *aucune suite fortement convergente*, et son *épaisseur asymptotique* vue du centre X est $D(X) - d(X) = \sqrt{D^2(\alpha) + |X-\alpha|^2} - \sqrt{d^2(\alpha) + |X-\alpha|^2}$, qui est *partout* $>$ o *et devient maximum en* $\alpha$.

Voici des exemples. Soit $\{e_n\}$ la base orthonormale de l'espace $\mathcal{H}$,

2ᵉ classe. La suite $X_n = e_n$; $d(\alpha) = D(\alpha) = 1$, $\alpha = 0$.

3ᵉ classe. La suite $X_n$ donnée par $X_{2p} = (2p)^{-1} e_{2p}$, $X_{2p+1} = e_{2p+1}$; $\alpha = 0$, $d(\alpha) = 0$, $D(\alpha) = 1$.

4ᵉ classe. La suite $X_n$ donnée par $X_{2p} = e_{2p}$, $X_{2p+1} = 2e_{2p+1}$; $\alpha = 0$, $d(\alpha) = 1$, $D(\alpha) = 2$.

5. Pour une suite quelconque $X_n$ convergeant faiblement vers $\alpha$, l'ensemble des points limites de $|X_n - \alpha|$ étant séparable, on pourra toujours la décomposer en une infinité dénombrable (ou un nombre fini) de suites partielles des 1ʳᵉ ou 2ᵉ classes.

ASTRONOMIE. — *Sur la réfraction astronomique.*
Note de M. **Ernest Esclangon.**

La réfraction astronomique, c'est-à-dire l'angle de la direction initiale d'un rayon lumineux (hors de l'atmosphère) avec celle de son arrivée à la surface du sol, est bien déterminée, tant que la distance zénithale est inférieure à 75°, et l'on démontre qu'elle est sensiblement indépendante de la distribution des couches atmosphériques à condition de les supposer sphériques, centrées sur le centre de la Terre.

Elle est donnée par la formule

$$R = \alpha(1-\beta)\tan\zeta_0 - \alpha\left(\beta - \frac{\alpha}{2}\right)\tan^3\zeta_0, \tag{1}$$

avec $\alpha = n_0 - 1$, $\beta = p_0/(g_0 r_0 \rho_0)$, $n_0$ étant l'indice de réfraction, $p_0$ la pression, $r_0$ le rayon terrestre, $\rho_0$ la densité de l'air, $g_0$ l'intensité de la pesanteur, au point d'arrivée du rayon.

Pour des distances zénithales supérieures à 75°, la formule (1) n'est plus valable. Dans les observations géodésiques, ou marines, il est nécessaire de pouvoir calculer la réfraction pour des distances zénithales atteignant et dépassant 90°. Radau [*Annales de l'Observatoire de Paris* (Mémoires), XVI, 1882] a donné des formules dans ce cas, résultant toutefois d'intégrations assez compliquées, et d'une application parfois laborieuse.

Je me propose d'indiquer une formule simple, applicable à toutes les distances zénithales se prêtant à un calcul immédiat. Appelons $\zeta_0$ la distance zénithale apparente à l'arrivée en A, point d'observation, et soit B un point quelconque de la trajectoire du rayon, $\zeta$ l'angle que fait la tangente en ce point avec la verticale du point A, $n_0$ et $n$, les indices de réfraction en A et B, $r_0$ et $r$ les rayons vecteurs OA, OB, (O centre de la Terre). On a, suivant une

formule classique,

$$R = \zeta - \zeta_0 = -\int_{n_0}^{n} \frac{dn}{n} \frac{n_0 r_0 \sin \zeta_0}{\sqrt{n^2 r^2 - n_0^2 r_0^2 \sin^2 \zeta_0}}. \tag{2}$$

Si l'on connaissait $r$ en fonction de $n$, ou inversement, le calcul de cette intégrale donnerait la valeur de la réfraction atmosphérique entre les points A et B; la réfraction plus proprement appelée *astronomique* correspondant au cas où la limite supérieure de l'intégrale est $n = 1$.

Dans l'intégrale précédente, on peut remplacer $dn/n$ par $dn$, car $n$ est compris entre *un* et 1,0003, ce qui ne diminue pas pratiquement la précision de la formule. Nous aurons donc

$$R = \zeta - \zeta_0 = -\int_{n_0}^{n} \frac{n_0 r_0 \sin \zeta_0}{\sqrt{n^2 r^2 - n_0^2 r_0^2 \sin^2 \zeta_0}} dn. \tag{3}$$

La densité de l'air est proportionnelle à $(n - 1)$. Il est clair qu'elle varie d'une manière sensiblement exponentielle avec l'altitude, et l'on n'a besoin ici que d'une représentation approchée. Nous choisissons la loi définie par la relation

$$(n - 1) = (n_0 - 1)\, e^{\mu^2 (n_0^2 r_0^2 - n^2 r^2)}, \tag{4}$$

que l'on peut écrire, en tenant compte du fait que $n_0$, $n$, $r/r_0$ restent très voisins de l'unité,

$$(n - 1) = (n_0 - 1)\, e^{2\mu^2 r_0^2 \left[(n_0 - 1) - (n - 1) - \frac{r - r_0}{r}\right]} \tag{5}$$

ou encore

$$\frac{r - r_0}{r_0} = (n_0 - 1) - (n - 1) + \frac{1}{2\mu^2 r_0^2} \mathrm{L} \frac{n_0 - 1}{n - 1}, \tag{6}$$

$\mu^2$ étant un coefficient à déterminer par l'observation, voisin de 1/100 000, $r_0$ étant exprimé en kilomètres.

La loi définie par (4) ou (5) est donc sensiblement exponentielle par rapport à l'altitude $(r - r_0)$; elle a été choisie en vue d'une facilité particulière d'intégration, mais il se trouve que précisément elle est en bon accord avec les données météorologiques, au moins jusqu'à une altitude de $13^{\text{km}}$. La relation (5) entre la densité de l'air et l'altitude entraîne, en vertu des conditions d'équilibre de l'atmosphère, la distribution de la température en altitude. Si l'on compte l'altitude en kilomètres, voici en effet ce que l'on obtient, en supposant par exemple la température au sol de 15°, et la pression de $760^{\text{mm}}$, les rapports $(n - 1)/(n_0 - 1)$, $p/p_0$, et la température $t$ étant calculés d'après (5) [1] :

---

[1] La constante $\mu$ étant ici calculée dans l'hypothèse d'une réfraction horizontale de 36',6 pour une température au sol de 0° et une pression de $760^{\text{mm}}$. Pour une température au sol de 15°, cette constante doit être multipliée par $1/\sqrt{1 + \gamma \times 15}$ ($\gamma = 0{,}00367$).

| Altit. (km). | 0. | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{n-1}{n_0-1}$ ........ | 1 | 0,90 | 0,81 | 0,73 | 0,65 | 0,58 | 0,52 | 0,47 | 0,42 | 0,37 | 0,33 | 0,29 | 0,26 |
| $\frac{p}{p_0}$ .......... | 1 | 0,89 | 0,78 | 0,69 | 0,61 | 0,54 | 0,47 | 0,41 | 0,36 | 0,31 | 0,27 | 0,24 | 0,21 |
| $t^\circ$ .......... | +15 | +11 | +6 | +2 | −3 | −8 | −13 | −18 | −23 | −28 | −35 | −42 | −50 |

Au delà de 14 ou $15^{\text{km}}$ d'altitude, l'accord avec les données météorologiques ne subsiste plus quant aux températures, mais les couches correspondantes n'ont plus qu'une importance minime au point de vue de la réfraction.

La loi étant admise, l'intégration de la formule (3) est alors immédiate. Posons

$$\mu^2(n^2r^2 - n_0^2r_0^2\sin^2\zeta_0) = v^2, \tag{7}$$

d'où, en vertu de (4),

$$(n-1) = (n_0-1)\,e^{\mu^2 n_0^2 r_0^2 \cos^2\zeta_0}\,e^{-v^2}. \tag{8}$$

L'intégrale (3) devient alors

$$\mathrm{R} = 2\mu n_0 r_0 (n_0-1)\sin\zeta_0\, e^{\mu^2 n_0^2 r_0^2\cos^2\zeta_0}\int_{v_0}^{v} e^{-v^2}\,dv. \tag{9}$$

Posons encore

$$\psi(x) = e^{x^2}\int_x^{+\infty} e^{-x^2}\,dx. \tag{10}$$

La fonction $\psi(x)$, que l'on rencontre dans de nombreuses questions de physique, a fait l'objet de tables numériques dont certaines à 7 décimales [Radau, *Annales de l'Observatoire de Paris* (Mémoires), XVIII, 1885]. En introduisant cette fonction, l'intégrale (9) devient

$$\mathrm{R} = 2\mu n_0 r_0 \sin\zeta_0\left[(n_0-1)\psi(x) - (n-1)\psi\left(\sqrt{x^2 + \mathrm{L}\frac{n_0-1}{n-1}}\right)\right], \tag{11}$$

où l'on a posé

$$x = \mu n_0 r_0 \cos\zeta_0. \tag{12}$$

Le calcul numérique de la formule (11) est donc immédiat, étant données les quantités $n_0$, $r_0$, $\zeta_0$, au lieu d'observation A, et l'indice $n$, au point B de la trajectoire que l'on veut considérer.

La formule (11) s'applique quelle que soit la distance zénithale $\zeta_0$, même plus grande 90°. Dans ce dernier cas, $x$ est négatif et devant le radical de (11) on devra prendre le signe −, si le point B se trouve entre le point A et le point où la trajectoire devient normale au rayon vecteur, le signe + s'il est au delà.

Dans le cas de la *réfraction astronomique*, $n = 1$ et la formule se réduit à

$$\mathrm{R} = 2\mu n_0 r_0 (n_0-1)\sin\zeta_0\,\psi(x). \tag{13}$$

Dans le cas particulier de la réfraction horizontale $\zeta_0 = \pi/2$, $x = 0$, $\psi(x) = \sqrt{\pi}/2$, ce qui permet de calculer le coefficient $\mu$, si cette réfraction est connue.

Pour des valeurs de $x > 5$, c'est-à-dire $\zeta_0 < 75°$, on peut écrire, avec une erreur négligeable,

$$\psi(x) = \frac{1}{2x}\left(1 - \frac{1}{2x^2}\right), \tag{14}$$

d'où

$$\begin{aligned} R &= (n_0 - 1)\operatorname{tang}\zeta_0\left[1 - \frac{1}{2\mu^2 n_0^2 r_0^2 \cos^2\zeta_0}\right] \\ &= (n_0 - 1)\operatorname{tang}\zeta_0\left[1 - \frac{1}{2\mu^2 n_0^2 r_0^2} - \frac{\operatorname{tang}^2\zeta_0}{2\mu^2 n_0^2 r_0^2}\right], \end{aligned} \tag{15}$$

ce qui conduirait à la relation

$$\beta = \frac{p_0}{g_0 r_0 \rho_0} = \frac{1}{2\mu^2 n_0^2 r_0^2} \tag{16}$$

et montrerait que $\mu^2$ serait proportionnel à $\rho_0/p_0$, c'est-à-dire à $1/(1+\gamma t)$ ($\gamma$ coefficient de dilatation de l'air), mais, jusqu'à $\zeta_0 = 75°$, le coefficient $\mu$ et l'influence thermique correspondante n'interviennent pour ainsi dire pas dans la réfraction astronomique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur quelques modifications chimiques dans la composition du tissu pulmonaire au cours de quelques œdèmes expérimentaux.* Note de MM. **Léon Binet, François Bourlière** et **Pierre Tanret**.

L'inhalation de chlore ou de vapeur d'eau bouillante provoque facilement chez le Chien un œdème aigu du poumon. Si cette inhalation est réalisée chez un chien anesthésié à thorax ouvert, maintenu en vie par la respiration artificielle, il est possible de prélever un fragment de tissu pulmonaire au début et à la fin de l'expérience et d'y doser l'extrait lipoïdique total et l'azote total. Nos dosages ont été rapportés au poids du tissu frais énergiquement pressé et de façon aussi semblable que possible pour en faire sortir tous les liquides étrangers. Les résultats, exprimés par rapport à l'extrait sec de ce tissu pressé, sont d'ailleurs très comparables.

I. Dans le cas d'inhalation de chlore, l'œdème est particulièrement rapide, noyant le poumon en 10 à 20 minutes. Dans ces conditions, on constate une brusque diminution de l'extrait lipoïdique total du poumon (tableau I), dont le taux diminue en moyenne de 30 % et des modifications variables de l'azote total. En même temps, on voit dans le plasma s'élever le taux des lipides, celui du cholestérol et celui de l'azote total.

Pour dissocier ce qui revient, dans ces variations, aux phénomènes de concentration sanguine liée à l'exsudation de l'œdème, à l'évaporation pulmonaire et surtout au rôle de la lipodiérèse physiologique dans la diminution des

graisses pulmonaires, nous avons pratiqué toute une série de perfusions pulmonaires, soit simples (expériences témoins), soit suivies d'inhalation de chlore, en variant les liquides de perfusion : sang entier, plasma, solution de tyrode. Quelques résultats sont consignés dans le tableau II.

TABLEAU I.

*Chien vivant, soumis à la respiration artificielle et chez lequel on provoque un œdème par le chlore.*

| Lipides % dans un lobe pulmonaire prélevé. | 14 octobre 42. | 16 octobre 42. |
|---|---|---|
| Avant œdème | 2,41 | 3,62 |
| | ↓ | ↓ |
| Après œdème | 1,87 | 2,13 |

TABLEAU II.

| *Perfusions pulmonaires....* | *au sang* | *au plasma* |
|---|---|---|
| | (œdème par le chlore). | |
| Lipides % dans le poumon pressé. | 23 juin 42. | 7 juillet 42. |
| Avant perfusion | 3,13 | 3,81 |
| Après 30 min. de perfusion | 3,05 | 3,86 |
| » œdème | 1,59 ↓ | 2,90 ↓ |

On constate que la diminution des graisses du tissu pulmonaire liée à la lipodiérèse physiologique est plus lente et moins forte que la lipodiérèse consécutive à l'inhalation de chlore. Celle-ci, de plus, est beaucoup moins nettement influencée par la présence d'oxyhémoglobine que la lipodiérèse physiologique.

Cette diminution de la graisse pulmonaire est bien liée à une destruction, car, au cours d'une perfusion au tyrode, on ne retrouve ces lipides ni dans la spume, ni dans les liquides de perfusion. Des bilans, d'ailleurs approximatifs, peuvent également être établis grâce aux variations des concentrations du liquide de perfusion en certaines substances (azote total en particulier), compte tenu du taux qu'elles ont dans la spume. Ils montrent un déficit entre la quantité de graisse contenue dans le plasma au début de l'expérience et celle que l'on retrouve dans la spume et les liquides de perfusion après œdème.

Le rapport cholestérol/lipides totaux varie peu, en dépit de fortes et constantes diminutions de l'hydrophilie. Dans certains cas il est possible de supposer une lésion des cénapses lipido-protidiques, car il arrive que le tissu, après œdème, retienne plus énergiquement le rouge Soudan III et que l'on puisse retirer une proportion plus grande de lipides pulmonaires par l'éther, à froid.

A côté de ces modifications quantitatives et parfois manifestement qualitatives des lipides pulmonaires, les variations de l'azote total pulmonaire ont

moins d'intérêt. Il diminue faiblement au cours des perfusions simples, et l'on est conduit à admettre une élimination sous forme d'ammoniac par la respiration, puisque l'azote total du plasma n'augmente pas. L'augmentation de l'azote total du poumon au cours de l'œdème aigu n'est possible qu'avec des liquides de perfusion riches en albumine et paraît relever de coagulations locales.

II. Dans l'œdème par inhalation de vapeur d'eau bouillante, les variations de l'hydrophilie pulmonaire sont minimes, inconstantes. Et pourtant les variations de l'extrait lipoïdique total sont du même ordre de grandeur dans le parenchyme pulmonaire perfusé et dans le sérum que dans le cas des œdèmes par le chlore (tableau III); en particulier les lésions des cénapses lipido-protidiques y sont souvent plus nettes, à en juger par l'augmentation des affinités tinctoriales pour le rouge Soudan III. Ces modifications prennent toute leur valeur au cours des perfusions au tyrode, où l'apparition de graisse libre dans le poumon ne saurait être expliquée par des phénomènes de lipopexie.

TABLEAU III.

*Perfusions pulmonaires au plasma, œdème par vapeur d'eau bouillante.*

| Lipides % dans le poumon pressé. | 28 oct. 41. | 1er déc. 41. |
|---|---|---|
| Avant perfusion | 2,13 | 3,31 |
| Après 30 min. de perfusion | 2,07 | 3,27 |
| » œdème | 1,44 ↓ | 2,56 ↓ |

La concordance des variations des lipides pulmonaires au cours de ces œdèmes en apparence si différents, pose la question de leur rôle dans le déterminisme même de l'œdème aigu du poumon.

## GÉODÉSIE. — *Nouvelles déterminations de la Pesanteur dans le Sud-Est de la France.* Note de M. PIERRE LEJAY.

| Station. | Longitude. | Latitude. | Altitude. | Date. | $g$. | $g_0$. | $g''_0$. | $\gamma'_0$. | $g_0-\gamma'_0$. | $g''_0-\gamma'_0$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | mètres | | gals | gals | gals | gals | mgals | mgals |
| Le Châtelard | — | — | — | 30 mars | 980,618 | — | — | — | — | — |
| Chavanay | 4 44,4 | 45 25,3 | 146 | 31 » | ,602 | 980,647 | 980,630 | 980,667 | — 20 | — 37 |
| Vocance | 4 32,7 | 45 11,8 | 554 | 31 » | ,493 | ,664 | ,601 | ,647 | + 17 | — 45 |
| St-Bonnet-le-Froid | 4 20,9 | 45 7,8 | 979 | 31 » | ,404 | ,706 | ,595 | ,641 | + 65 | — 45 |
| La Bourghea-Le Chambon | 4 17,8 | 45 3,5 | 958 | 31 » | ,403 | ,699 | ,590 | ,634 | + 64 | — 44 |
| Les Cesses | 4 9,4 | 45 2,1 | 1217 | 31 » | ,344 | ,719 | ,582 | ,632 | + 87 | — 50 |
| St-Julien | 4 3,6 | 45 2,2 | 821 | 1er avril | ,421 | ,674 | ,581 | ,632 | + 42 | — 51 |
| Le Puy-Vals | 3 52,6 | 45 1,8 | 647 | 1er » | ,446 | ,645 | ,572 | ,631 | + 14 | — 58 |
| St-Hostien | 4 3,1 | 45 4,6 | 837 | 1er » | ,421 | ,679 | ,585 | ,636 | + 43 | — 51 |
| Flaminge | 4 17,3 | 45 13,9 | 853 | 3 » | ,441 | ,704 | ,608 | ,650 | + 53 | — 42 |
| Le Châtelard | — | — | — | 5 » | — | — | — | — | — | — |
| St-Jean-de-Muzols | 4 48,9 | 45 5,1 | 131 | 7 » | ,573 | ,613 | ,598 | ,637 | — 23 | — 38 |
| Charmes | 4 50,2 | 44 51,8 | 146 | 7 » | ,552 | ,597 | ,580 | ,617 | — 20 | — 36 |
| Livron | 4 50,1 | 44 47,0 | 107 | 8 » | ,555 | ,588 | ,576 | ,610 | — 22 | — 34 |
| Saou | 5 3,3 | 44 38,6 | 328 | 8 » | ,494 | ,595 | ,556 | ,597 | — 20 | — 41 |
| Bourdeaux | 5 8,2 | 44 35,2 | 405 | 8 » | ,472 | ,597 | ,552 | ,592 | + 55 | — 40 |

| Station. | Longitude. | Latitude. | Altitude. | Date. | $g$. | $g_0$. | $g''_0$. | $\gamma'_0$. | $g_0-\gamma'_0$. | $g''_0-\gamma'_0$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | mètres | | gals | gals | gals | gals | mgals | mgals |
| L'Estellon | 5 13,1 | 44 28,8 | 680 | 8 avril | 980,400 | 980,610 | 980,533 | 980,582 | + 27 | — 49 |
| Curnier | 5 13,9 | 44 23,3 | 337 | 8 » | ,468 | ,572 | ,534 | ,574 | — 15 | — 39 |
| Buis | 5 1,9 | 44 17,5 | 410 | – | ,441 | ,567 | ,521 | ,565 | + 20 | — 44 |
| Malancène | 5 8,1 | 44 10,6 | 230 | 9 » | ,459 | ,530 | ,504 | ,555 | — 25 | — 51 |
| Mormorion | 5 11,1 | 44 3,5 | 206 | – | ,473 | ,536 | ,513 | ,544 | — 80 | — 31 |
| Sault | 5 24,5 | 44 5,4 | 760 | 10 » | ,358 | ,592 | ,507 | ,547 | + 45 | — 40 |
| Banon | 5 37,5 | 44 2,5 | 803 | – | ,336 | ,584 | ,493 | ,543 | + 41 | — 50 |
| St-Michel | 5 42,7 | 43 55,0 | 617 | – | ,357 | ,547 | ,478 | ,531 | + 16 | — 53 |
| Manosque-Gréoux | 5 52,2 | 43 48,4 | 400 | 10 » | ,395 | ,518 | ,473 | ,521 | — 30 | — 48 |
| Valensole | 6 0,2 | 43 50,0 | 537 | – | ,363 | ,528 | ,468 | ,524 | + 36 | — 56 |
| Moutiers | 6 13,5 | 43 49,7 | 522 | 11 » | ,365 | ,525 | ,467 | ,523 | + 20 | — 56 |
| La Palud | 6 20,4 | 43 46,5 | 862 | 11 » | ,307 | ,573 | ,475 | ,519 | + 56 | — 45 |
| Comps | 6 30,6 | 43 40,4 | 760 | 13 » | ,341 | ,576 | ,490 | ,509 | + 66 | — 19 |
| Draguignan | 6 27,8 | 43 32,4 | 181 | 14 » | ,464 | ,520 | ,499 | ,497 | + 22 | + 20 |
| Col de Gratteloup | 6 35,8 | 43 22,3 | 230 | – | ,458 | ,529 | ,503 | ,482 | + 47 | + 21 |
| Ste-Maxime | 6 39,0 | 43 19,0 | 124 | 14 » | ,483 | ,522 | ,507 | ,477 | + 44 | + 30 |
| St-Raphaël | 6 46,8 | 43 25,1 | 3 | 15 » | ,510 | ,511 | ,511 | ,486 | + 25 | + 24 |
| Roquebrune | 6 37,9 | 43 26,2 | 66 | 15 » | ,490 | ,510 | ,503 | ,488 | + 22 | + 14 |
| Vidauban | 6 26,8 | 43 22,2 | 65 | – | ,491 | ,511 | ,504 | ,482 | + 29 | + 22 |
| La Garde-Freinet | 6 28,3 | 43 18,9 | 350 | – | ,437 | ,545 | ,506 | ,477 | + 68 | + 28 |
| Croix-Valmer | 6 34,0 | 43 12,6 | 109 | 16 » | ,491 | ,524 | ,512 | ,467 | + 57 | + 45 |
| Collobrières | 6 18,6 | 43 14,3 | 150 | – | ,477 | ,523 | ,506 | ,470 | + 53 | + 36 |
| Flassans | 6 15,2 | 43 21,3 | 270 | – | ,440 | ,523 | ,493 | ,481 | + 42 | + 12 |
| Salernes | 6 13,7 | 43 33,9 | 227 | 17 » | ,455 | ,525 | ,500 | ,500 | + 25 | 0 |
| Fontaine-l'Évêque | 6 9,2 | 43 44,4 | 407 | 17 » | ,400 | ,526 | ,480 | ,515 | + 10 | — 35 |
| Moissac | 6 9,6 | 43 39,4 | 583 | – | ,373 | ,553 | ,487 | ,508 | + 45 | — 20 |
| Tavernes | 6 1,2 | 43 35,8 | 380 | – | ,408 | ,526 | ,483 | ,502 | + 23 | — 19 |
| Rians | 5 45,1 | 43 36,4 | 380 | 18 » | ,405 | ,523 | ,480 | ,503 | + 19 | — 23 |
| St-Maximin | 5 52,6 | 43 26,0 | 321 | – | ,420 | ,519 | ,483 | ,488 | + 31 | — 45 |
| La Rochebrussane | 5 57,6 | 43 20,4 | 400 | – | ,406 | ,529 | ,484 | ,479 | + 50 | + 45 |
| Ste-Beaume | 5 51,8 | 43 20,1 | 670 | 19 » | ,355 | ,561 | ,486 | ,479 | + 92 | + 75 |
| Coulin | 5 39,1 | 43 16,1 | 149 | 20 » | ,456 | ,502 | ,485 | ,473 | + 29 | + 12 |
| Montrieux-le-Jeune | 5 57,9 | 43 15,8 | 230 | – | ,438 | ,509 | ,483 | ,472 | + 36 | + 10 |
| Gien | 6 8,0 | 43 2,5 | 46 | – | ,493 | ,507 | ,502 | ,453 | + 54 | + 49 |
| Mar-Vivo | 5 53,3 | 43 4,7 | 6 | 21 » | ,490 | ,492 | ,491 | ,456 | + 36 | + 35 |
| Les Lecques | 5 41,4 | 43 10,9 | 6 | 21 » | ,482 | ,484 | ,483 | ,465 | + 18 | + 17 |
| Le Bas-d'Ouillier | 5 35,4 | 43 13,9 | 297 | 22 » | ,429 | ,521 | ,487 | ,470 | + 51 | + 17 |
| Gréasque | 5 34,0 | 43 25,5 | 386 | – | ,409 | ,528 | ,485 | ,487 | + 41 | — 25 |
| Barry | 5 29,9 | 43 36,8 | 305 | 22 » | ,418 | ,512 | ,478 | ,506 | + 65 | — 27 |
| La Tour d'Aigues | 5 33,0 | 43 43,6 | 267 | 23 » | ,431 | ,514 | ,484 | ,514 | — 5 | — 30 |
| Col de Vitrolles | 5 34,9 | 43 49,8 | 692 | – | ,355 | ,568 | ,490 | ,524 | + 44 | — 34 |
| Bonnieux | 5 20,8 | 43 48,7 | 287 | – | ,450 | ,538 | ,506 | ,522 | + 16 | — 16 |
| Pont-St-Paul | 5 19,3 | 43 40,3 | 294 | 23 » | ,439 | ,530 | ,497 | ,509 | + 20 | — 12 |
| Lançon | 5 8,6 | 43 34,6 | 128 | – | ,482 | ,521 | ,507 | ,501 | + 20 | + 6 |
| Le Griffon | 5 16,6 | 43 26,0 | 78 | 24 » | ,469 | ,493 | ,484 | ,488 | + 5 | — 3 |
| Sausset-les-Pins | 5 7,0 | 43 19,9 | 5 | 24 » | ,495 | ,496 | ,496 | ,479 | + 17 | + 17 |
| Varagne | 4 59,9 | 43 28,3 | 40 | 25 » | ,495 | ,507 | ,503 | ,491 | + 16 | + 11 |
| St-Rémy-de-Prov.,le-Petiti | 4 50,4 | 43 47,0 | 106 | 27 » | ,500 | ,532 | ,521 | ,519 | + 13 | + 15 |
| Les Paravandes | 4 33,9 | 43 47,0 | 6 | – | ,522 | ,524 | ,523 | ,519 | + 4 | + 3 |
| Grau-du-Roi | 4 8,2 | 43 32,5 | 8 | – | ,506 | ,509 | ,508 | ,498 | + 11 | + 10 |
| Stes-Maries-de-la-Mer | 4 25,7 | 43 27,2 | 3 | 28 » | ,519 | ,520 | ,520 | ,490 | + 30 | + 30 |
| Albaron | 4 28,6 | 43 36,6 | 3 | 30 » | ,516 | ,517 | ,516 | ,504 | + 13 | + 12 |
| Moulés | 4 44,0 | 43 40,0 | 14 | – | ,519 | ,523 | ,522 | ,509 | + 14 | + 13 |
| Le Petiti | 4 50,4 | 43 47,0 | 106 | 3 mai | ,501 | ,533 | ,522 | ,519 | + 14 | + 2 |
| Cavaillon | 5 3,9 | 43 52,0 | 70 | 5 » | ,511 | ,533 | ,525 | ,527 | + 6 | — 2 |
| Vaucluse | 5 7,5 | 43 55,3 | 80 | 6 » | ,505 | ,530 | ,521 | ,532 | — 2 | — 11 |
| Pernes | 5 2,3 | 44 0,8 | 72 | – | ,507 | ,529 | ,521 | ,540 | — 11 | — 19 |
| Avignon | 4 48,3 | 43 57,1 | 40 | – | ,523 | ,536 | ,531 | ,534 | + 1 | — 3 |
| Roquemaure | 4 45,3 | 44 3,3 | 28 | – | ,523 | ,532 | ,529 | ,544 | — 12 | — 15 |
| Orange | 4 49,7 | 44 8,4 | 46 | 7 » | ,518 | ,532 | ,527 | ,551 | — 19 | — 24 |
| Tulette | 4 55,8 | 44 17,0 | 139 | 7 » | ,507 | ,550 | ,534 | ,564 | — 14 | — 30 |
| Taulignan | 4 58,5 | 44 26,7 | 261 | – | ,492 | ,572 | ,543 | ,579 | — 6 | — 36 |
| La Bâtie-Roland | 4 52,4 | 44 33,2 | 157 | 7 » | ,528 | ,577 | ,559 | ,589 | — 12 | — 29 |
| Privas | 4 36,0 | 44 44,0 | 269 | 8 » | ,516 | ,599 | ,569 | ,605 | — 6 | — 36 |
| Vernoux | 4 37,7 | 44 53,5 | 474 | 8 » | ,486 | ,633 | ,579 | ,619 | + 13 | — 40 |
| Lamastre | 4 35,3 | 44 59,2 | 373 | 8 » | ,514 | ,629 | ,687 | ,628 | + 1 | — 41 |
| La Louvesc | 4 32,1 | 45 7,1 | 1085 | 8 » | ,384 | ,719 | ,596 | ,640 | + 79 | — 43 |
| Notre-Dame-d'Ay | 4 39,9 | 45 9,8 | 440 | 9 » | ,519 | ,655 | ,605 | ,644 | + 11 | — 38 |
| Peaugres | 4 44,0 | 45 17,4 | 381 | 9 » | ,547 | ,665 | ,622 | ,655 | + 9 | — 33 |
| Roussillon | 4 48,6 | 45 23,8 | 259 | 9 » | ,569 | ,649 | ,619 | ,665 | — 16 | — 45 |
| Le Châtelard | – | – | – | 11 » | – | – | – | – | – | – |

M. **Emm. de Martonne** présente à l'Académie un Ouvrage du professeur **P. S. Jovanovic** sur *Les profils fluviatiles en long, leurs formes et leur genèse*, pour lequel il a écrit une *Préface* en 1940 et dont la parution a été retardée par les circonstances. C'est l'étude la plus pénétrante et la plus précise qui ait été faite sur la notion fondamentale que les premiers maîtres de la Géomorphologie, tels que Powell, Heim, de La Noë, ont emprunté aux Ingénieurs hydrauliciens, tels que Dausse, Surell. L'auteur indique une méthode de comparaison des profils par les indices de pente; il tire des formules de Chezy et de Sautter le moyen de dresser le profil d'équilibre idéal de tout cours d'eau en fonction du débit et donne des tables calculées par lui à cet usage. La comparaison de ce profil avec le profil réel conduit à une courbe des écarts dont l'analyse permet de reconnaître et de chiffrer l'influence des divers facteurs morphologiques, nature des roches, mouvements tectoniques, changements de climat.

On souhaiterait de voir cette méthode précise appliquée à des cours d'eau d'Europe occidentale mieux connus que ceux de la Yougoslavie, sur lesquels l'auteur l'a essayée.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. *Alexandre Desgrez*, décédé.

Le nombre de votants étant 53,

| | | |
|---|---|---|
| M. Albert Pérard | obtient........... | 32 suffrages. |
| M. Louis Hackspill | » ........... | 7 » |
| M. Gaston Ramon | » ........... | 6 » |
| M. Henri Piéron | » ........... | 5 » |
| M. Joseph Bougault | » ........... | 1 » |
| M. Pierre Chevenard | » ........... | 1 » |
| M. André Kling | » ........... | 1 » |

M. **Albert Pérard**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

## CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété de la frontière d'un domaine d'holomorphie.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Les propriétés des suites de fonctions plurisousharmoniques ([1]) bornées supérieurement permettent d'établir un caractère géométrique simple de la

([1]) *Comptes rendus*, **215**, 1942, pp. 398 et 454. Rappelons qu'une fonction V(M) est dite plurisousharmonique dans un domaine D si elle possède les propriétés suivantes :

frontière d'un domaine d'holomorphie dans l'espace $C^n$ des $n$ variables complexes $z_k$ ($k=1, 2, \ldots, n$). Soit $M(z_k^0)$ un point intérieur d'un domaine D de frontière F; soit $(a_k)$ une direction de plan analytique complexe quelconque dans $C^n$ ($\Sigma a_k \bar{a}_k = 1$, $\bar{a}_k$ conjugué de $a_k$). Le plan

$$(1) \qquad z_k = z_k^0 + a_k u$$

mené par M parallèlement à la direction $(a_k)$ coupe F suivant un ensemble formé $\mathcal{E}$ non vide.

Nous appellerons *distance d'un point intérieur* M *de* D *à* F *parallèlement à la direction* $(a_k)$ la distance de M à $\mathcal{E}$ : c'est encore le minimum de $|u|$ quand le point de coordonnées $(z_k)$ parcourt $\mathcal{E}$.

La fonction lim sup d'une suite de fonctions plurisousharmoniques bornées supérieurement est presque plurisousharmonique; sa régularisée supérieure (égale au maximum de la fonction en chaque point) est une fonction plurisousharmonique. Le développement d'une fonction $f(z_1, z_2, \ldots, z_n)$, holomorphe au voisinage d'une région de la variété $z_1 = z_1^0$, en série de la forme

$$\sum_n (z_1 - z_1^0)^n A_n(z_1^0, z_2, \ldots, z_n),$$

a pour domaine de convergence uniforme un domaine semi-cerclé défini par

$$|z_1 - z_1^0| < R(z_1^0, z_2, \ldots, z_n);$$

*la fonction* $-\log R(z_1^0, z_2, \ldots, z_n)$ *est une fonction plurisousharmonique du point de coordonnées* $(z_1^0, z_2, \ldots, z_n)$.

En particulier, le développement suivant les puissances de $u$ de la fonction $\varphi(z_k^0, a_k, u) = f(z_k^0 + a_k u)$ obtenue à partir de (1) conduit à l'énoncé suivant :

*Si* D *est un domaine d'holomorphie et si* $\delta(M, a_k)$ *désigne la distance d'un point intérieur* M *de* D *à sa frontière, comptée parallèlement à une direction de plan analytique complexe* $(a_k)$ *quelconque, la fonction* $-\log \delta(M, a_k)$ *est une fonction plurisousharmonique de* M.

Nous désignerons pour abréger par *propriété* (P) la propriété ainsi énoncée. *Elle donne une condition nécessaire pour qu'un domaine soit domaine d'holomorphie; cette condition n'est pas une propriété purement locale de la frontière.*

Il est intéressant de comparer la propriété (P) avec les conditions données par E. E. Levi (pseudo-convexité) lorsque la frontière de D comprend une variété définie par une équation $h(x_k, y_k) = 0$, $h$ ayant des dérivées premières continues. Les conditions de E. E. Levi s'interprètent aisément : elles expriment que $h$ est, au voisinage de chaque point M de la frontière, une

---

*a*. Elle a en tout point de D une valeur réelle déterminée, finie ou égale à $-\infty$; elle prend une valeur finie en un point au moins de D; elle a une borne supérieure finie à l'intérieur de D. *b*. Sur tout plan analytique complexe, elle est sousharmonique ou est identique à la constante $-\infty$.

fonction plurisousharmonique sur la variété linéaire analytique complexe, à $n-1$ dimensions complexes, tangente à $h=0$, c'est-à-dire passant par M et contenue dans la variété linéaire à $2n-1$ dimensions réelles, tangente en M à $h=0$.

Un calcul simple montre que la propriété (P) d'une application plus générale entraîne la pseudo-convexité de la variété $h=0$ du côté opposé au domaine.

Des propriétés des suites de fonctions plurisousharmoniques bornées résulte encore que, si une suite de domaines $D_n$ a pour limite un domaine D, et si les domaines $D_n$ possèdent la propriété (P), il en est de même de D.

L'énoncé donné plus haut fournit des théorèmes de continuité des singularités suivant une méthode déjà employée dans notre *Thèse*. Donnons-en un exemple : soit $a$ un nombre positif et V(M), une fonction plurisousharmonique au voisinage d'un point O de $C^n$. L'ensemble $V(M) \leqq V(O) - a$ possède des propriétés de raréfaction au voisinage de O : il est en particulier d'épaisseur $2n$-dimensionnelle nulle en O sur l'espace réel $E^{2n}$ associé à $C^n$. La propriété (P) entraîne ainsi l'énoncé :

*Soit $f(w, z_1, z_2, \ldots, z_n)$ une fonction des $n+1$ variables complexes $(w, z_1, z_2, \ldots, z_n)$, holomorphe pour $w=0$, $z_k=0$ $(k=1, 2, \ldots, n)$, ainsi que sur les cercles $\Gamma_i$ définis par $|w| < R$, $z_k = z_k^i$. Si l'ensemble des points $M_i$ de coordonnées $(z_k^i)$ dans l'espace $C^n$ des n variables complexes $z_k$ possède une épaisseur positive à l'origine, la fonction $f(w, z_1, z_2, \ldots, z_n)$ est encore holomorphe sur le cercle $\Gamma$ défini par $|w| < R$, $z_k = 0$.*

ÉLASTICITÉ. — *Tension différentielle dans les milieux parfaitement élastiques en équilibre sans forces de masse.* Note (1) de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Albert Caquot.

La tension différentielle dans un milieu parfaitement élastique est définie par les 18 dérivées partielles, par rapport à $(x, y, z)$, des coordonnées $T_{ij}$ (ou $N_1, N_2, N_3, T_1, T_2, T_3$) du tenseur-tension $(\overline{\overline{T}})$ euclidien et symétrique du second ordre, c'est-à-dire par le tenseur euclidien du troisième ordre $(\overline{\overline{\overline{T}}} = \overline{\text{nab}} \times \overline{\overline{T}})$ de coordonnées

$$T_{111} = \frac{\partial N_1}{\partial x}, \qquad T_{122} = \frac{\partial N_2}{\partial x}, \qquad T_{133} = \frac{\partial N_3}{\partial x},$$

$$T_{132} = T_{123} = \frac{\partial T_1}{\partial x}, \qquad T_{113} = T_{131} = \frac{\partial T_2}{\partial x}, \qquad T_{121} = T_{112} = \frac{\partial T_3}{\partial x}$$

(et deux analogues par permutation circulaire sur $x, y, z$).

(1) Séance du 7 décembre 1942.

Pour étudier $(\overline{\overline{\text{T}}})$, il convient de considérer le tenseur triplement symétrique du troisième ordre $(\overline{\overline{\Delta}})$, défini, à partir de $(\overline{\overline{\text{T}}})$, par les coordonnées $(\Delta_{ijk})$ telles que

$$3\,\Delta_{ijk} = \text{T}_{ijk} + \text{T}_{jki} + _{kij},$$

et le tenseur du second ordre, dit rotationnel (à gauche de $(\overline{\overline{\text{T}}})$, de matrice

$$\text{rot}\,\overline{\overline{\text{T}}} = \overline{\text{nab}} \wedge \overline{\overline{\text{T}}} = \begin{Vmatrix} \dfrac{\partial \text{T}_{31}}{\partial y} - \dfrac{\partial \text{T}_{21}}{\partial z} & \dfrac{\partial \text{T}_{32}}{\partial y} - \dfrac{\partial \text{T}_{22}}{\partial z} & \dfrac{\partial \text{T}_{33}}{\partial y} - \dfrac{\partial \text{T}_{23}}{\partial z} \\ \dfrac{\partial \text{T}_{11}}{\partial z} - \dfrac{\partial \text{T}_{31}}{\partial x} & \dfrac{\partial \text{T}_{12}}{\partial z} - \dfrac{\partial \text{T}_{32}}{\partial x} & \dfrac{\partial \text{T}_{13}}{\partial z} - \dfrac{\partial \text{T}_{33}}{\partial x} \\ \dfrac{\partial \text{T}_{21}}{\partial x} - \dfrac{\partial \text{T}_{11}}{\partial y} & \dfrac{\partial \text{T}_{22}}{\partial x} - \dfrac{\partial \text{T}_{12}}{\partial y} & \dfrac{\partial \text{T}_{23}}{\partial x} - \dfrac{\partial \text{T}_{13}}{\partial y} \end{Vmatrix},$$

obtenue à partir de $(\overline{\overline{\text{T}}})$ par contraction vectorielle sur les deux premiers indices de $(\text{T}_{iju})$.

L'étude des 10 coordonnées indépendantes de $(\overline{\overline{\Delta}})$ et de 9 coordonnées de $(\text{rot}\overline{\overline{\text{T}}})$, liées par la relation $\{(\text{rot}\overline{\overline{\text{T}}})_{11} + (\text{rot}\overline{\overline{\text{T}}})_{22} + (\text{rot}\overline{\overline{\text{T}}})_{33} = 0\}$, est équivalente à celle des 18 coordonnées de $(\overline{\overline{\text{T}}})$.

Si le milieu considéré est en équilibre, sans forces de masse, sous l'action de tensions exercées sur sa surface extérieure, cironstance objet de la présente Note, les égalités

$$\text{T}_{11i} + \text{T}_{22i} + \text{T}_{33i} = 0 \qquad (i = 1, 2, 3)$$

traduisent les équations universelles d'équilibre et réduisent à 15 le nombre des termes de $(\overline{\overline{\text{T}}})$ indépendants. Dans cette hypothèse, formons les composants de $(\text{rot}\overline{\overline{\text{T}}})$, savoir : son composant droit (tenseur symétrique $\overline{\overline{\theta}}$) et son composant contracté vectoriel (vecteur $\overline{\varpi}$).

D'une part

$$\theta_{ij} = \frac{1}{2}\{(\text{rot}\,\overline{\overline{\text{T}}})_{ij} + (\text{rot}\,\overline{\overline{\text{T}}})_{ji}\}, \qquad \text{avec } [\theta_{11} + \theta_{22} + \theta_{33} = 0].$$

D'autre part $(\overline{\varpi})$ a pour coordonnées (eu égard aux équations d'équilibre)

$$\begin{aligned} \varpi_1 &= \frac{1}{2}(\text{T}_{221} - \text{T}_{122} - \text{T}_{133} + \text{T}_{331}) \\ &= \frac{1}{2}(\text{T}_{111} + \text{T}_{221} + \text{T}_{331}) - \frac{1}{2}(\text{T}_{111} + \text{T}_{122} + \text{T}_{133}) = -\frac{1}{2}\frac{\partial(\text{N}_1 + \text{N}_2 + \text{M}_3)}{\partial x}, \end{aligned}$$

$$\varpi_2 = -\frac{1}{2}\frac{\partial(\text{N}_1 + \text{N}_2 + \text{N}_3)}{\partial y}, \qquad \varpi_3 = -\frac{1}{2}\frac{\partial(\text{N}_1 + \text{N}_2 + \text{N}_3)}{\partial z}.$$

Or, eu égard aux mêmes équations d'équilibre,

$$3(\Delta_{111} + \Delta_{221} + \Delta_{331}) = 2(\text{T}_{111} + \text{T}_{221} + \text{T}_{331}) + (\text{T}_{111} + \text{T}_{122} + \text{T}_{133}) = \frac{\partial(\text{N}_1 + \text{N}_2 + \text{N}_3)}{\partial x},$$

$$3(\Delta_{112} + \Delta_{222} + \Delta_{332}) = \frac{\partial(\text{N}_1 + \text{N}_2 + \text{N}_3)}{\partial y}, \qquad 3(\Delta_{113} + \text{T}_{223} + \Delta_{333}) = \frac{\partial(\text{N}_1 + \text{N}_2 + \text{N}_3)}{\partial z}.$$

Donc les trois coordonnées de $(\varpi)$ sont connues quand on connaît les coordonnées de $(\overline{\overline{\Delta}})$, et, par suite, l'étude du tenseur $(\overline{\overline{\overline{T}}})$ est ramenée, dans le cas de l'équilibre, à celle des 16 coordonnées de $(\overline{\overline{\Delta}})$ et $(\overline{\overline{\theta}})$ liées par la relation $[\theta_{11}+\theta_{22}+\theta_{33}=0]$.

Soit $[\overline{PT}(\alpha, \beta, \gamma)]$ un vecteur unité d'origine $[P(x, y, z)]$. Considérons la forme cubique $(3\mathcal{C})$ et la forme quadratique $(2\mathcal{Q})$ capable d'un trièdre trirectangle, en vertu de $[\theta_{11}+\theta_{22}+\theta_{33}=0]$

$$3\mathcal{C}=\overline{\overline{\overline{\Delta}}}.\overline{PT}.\overline{PT}.\overline{PT}=\Sigma\,\Delta_{111}\alpha^3+3\Sigma\,\Delta_{112}\alpha^2\beta+6\,\Delta_{123}\alpha\beta\gamma,$$
$$2\mathcal{Q}=\overline{\overline{\theta}}.\overline{PT}.\overline{PT}=\theta_{11}\alpha^2+\theta_{22}\beta^2+\theta_{33}\gamma^2+2\theta_{32}\beta\gamma+2\theta_{13}\gamma\alpha+2\theta_{21}\alpha\beta.$$

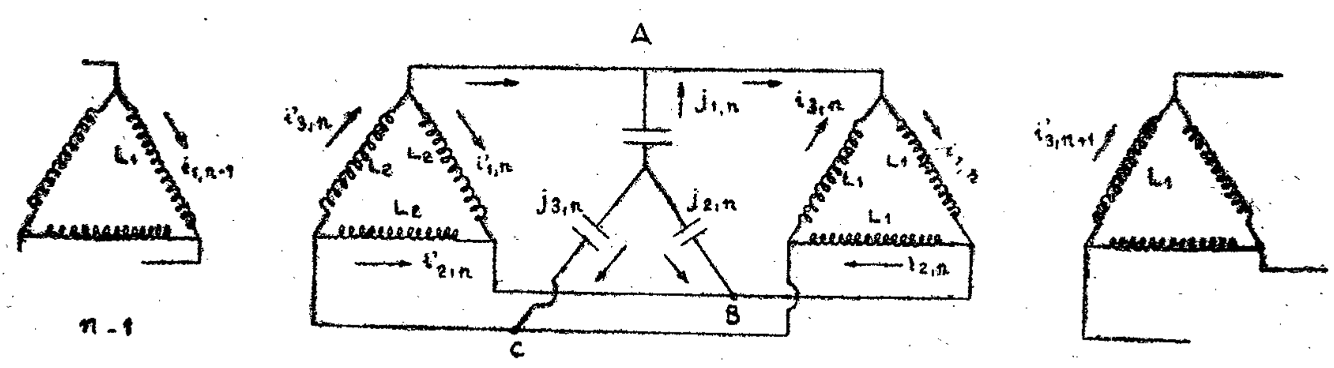
Ces formes définissent des éléments intrinsèques des tensions différentielles, savoir, respectivement l'action différentielle de traction et l'action différentielle de torsion de la fibre $[PT(\alpha, \beta, \gamma)]$ en $[P(x, y, z)]$.

L'étude de ces deux formes est, dans le cas d'équilibre considéré d'un milieu parfaitement élastique non soumis à des forces de masse, équivalente à celle du tenseur $(\overline{\overline{\overline{T}}})$, c'est-à-dire des 15 coordonnées indépendantes de celui-ci.

Du point de vue expérimental, la limitation de $(3\mathcal{C})$ et $(2\mathcal{Q})$ à des maximums, c'est-à-dire la limitation des variations trop brusques des tensions, est une des conditions importantes des constructions, sur laquelle il y a lieu d'attirer l'attention des ingénieurs.

ÉLECTRICITÉ. — *Effet de filtre produit par des transformateurs dans un réseau triphasé.* Note de MM. **Maurice Parodi** et **François Raymond**, présentée par M. Aimé Cotton.

Imaginons une suite indéfinie de transformateurs triphasés identiques triangle-triangle; les enroulements primaires et secondaires sont supposés sans résistance et de self-inductances respectives $L_1$ et $L_2$. Le secondaire de




chaque transformateur est supposé relié au primaire du suivant par une ligne constituée par trois câbles monophasés, chacun de ces derniers présentant une capacité C par rapport à la terre.

On peut distinguer dans la ligne une série de tronçons formés par un primaire, un secondaire et la portion de ligne qui les joint; en désignant

par $i_{\nu,n}$ et $i'_{\nu,n}$ ($\nu = 1, 2, 3$) les intensités des courants dans les phases des deux enroulements, on peut écrire les deux groupes d'équations :

$$(1)_a \qquad L_2 \frac{d^2}{dt^2} i'_{1,n} - M \frac{d^2}{dt^2} i_{1,n+1} - \frac{1}{C}(j_{2,n} - j_{1,n}) = 0$$

et deux analogues obtenues par permutation circulaire des indices;

$$(1)_b \qquad L_1 \frac{d^2}{dt^2} i_{1,n} - M \frac{d^2}{dt^2} i'_{1,n-1} - \frac{1}{C}(j_{2,n} - j_{1,n}) = 0$$

et deux équations analogues.

Les lois de Kirchhoff appliquées aux nœuds A, B et C permettent d'écrire

$$(2) \qquad j_{2,n} - j_{1,n} = -2(i_{1,n} + i'_{1,n}) + i_{2,n} + i'_{2,n} + i_{3,n} + i'_{3,n}$$

et deux équations identiques.

Posons

$$\begin{aligned} J_{h,n} &= i_{1,n} + i_{2,n} + i_{3,n}, & J'_{h,n} &= i'_{1,n} + i'_{2,n} + i'_{3,n}, \\ J_{d,n} &= i_{1,n} + \alpha i_{2,n} + \alpha^2 i_{3,n}, & J'_{d,n} &= i'_{1,n} + \alpha i'_{2,n} + \alpha^2 i'_{3,n}, \\ J_{i,n} &= i_{1,n} + \alpha^2 i_{2,n} + \alpha i_{3,n}, & J'_{i,n} &= i'_{1,n} + \alpha^2 i'_{2,n} + \alpha i'_{3,n}, \end{aligned}$$

1, $\alpha$ et $\alpha^2$ étant les racines cubiques de l'unité.

Après multiplication par 1, $\alpha$ ou $\alpha^2$ et compte tenu des relations (2), les équations des groupes $(1)_a$ et $(1)_b$ peuvent être remplacées par les systèmes d'équations

$$(3)_a \qquad \begin{cases} L_2 \dfrac{d^2}{dt^2} J'_{h,n} - M \dfrac{d^2}{dt^2} J_{h,n+1} = 0, \\ L_1 \dfrac{d^2}{dt^2} J_{h,n} - M \dfrac{d^2}{dt^2} J'_{h,n-1} = 0; \end{cases}$$

$$(3)_b \qquad \begin{cases} L_2 \dfrac{d^2}{dt^2} J'_{d,n} - M \dfrac{d^2}{dt^2} J_{d,n+1} + \dfrac{3}{C}(J_{d,n} + J'_{d,n}) = 0, \\ L_1 \dfrac{d^2}{dt^2} J_{d,n} - M \dfrac{d^2}{dt^2} J'_{d,n-1} + \dfrac{3}{C}(J_{d,n} + J'_{d,n}) = 0; \end{cases}$$

$$(3)_c \qquad \begin{cases} L_2 \dfrac{d^2}{dt^2} J'_{i,n} - M \dfrac{d^2}{dt^2} J_{i,n+1} + \dfrac{3}{C}(J_{i,n} + J'_{i,n}) = 0, \\ L_1 \dfrac{d^2}{dt^2} J_{i,n} - M \dfrac{d^2}{dt^2} J'_{i,n-1} + \dfrac{3}{C}(J_{i,n} + J'_{i,n}) = 0. \end{cases}$$

Cherchons dans quelles conditions ces systèmes peuvent permettre la propagation d'ondes du type

$$(4) \qquad \begin{cases} J_{h,n},\ J_{d,n},\ J_{i,n} = A\, e^{2\pi i(\nu t - gn)}, \\ J'_{h,n},\ J'_{d,n},\ J'_{i,n} = B\, e^{2\pi i(\nu t - gn)}, \end{cases}$$

$\nu$ étant la fréquence.

$(3)_a$ conduit à la condition $16\pi^4\nu^4(M^2 - L_1 L_2) = 0$, qui veut $\nu = 0$, sauf si $M^2 - L_1 L_2 = 0$ (transformateur parfait); en général, *les composantes homopolaires* du type (4) $J_{h,n}$ et $J'_{h,n}$ ne pourront donc se propager dans le réseau.

$(3)_b$ et $(3)_c$ conduisent au même système d'équations

$$A\left(\frac{3}{C}+4\pi^2\nu^2 M e^{-2\pi i g}\right)+B\left(\frac{3}{C}-4\pi^2\nu^2 L_2\right)=0,$$
$$A\left(\frac{3}{C}-4\pi^2\nu^2 L_1\right)\qquad+B\left(\frac{3}{C}+4\pi^2\nu^2 M e^{2\pi i g}\right)=0,$$

dont la condition de compatibilité s'écrit

$$\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{3}{C}\,\frac{L_1+L_2+2M\cos 2\pi g}{L_1L_2-M^2}}.$$

Le réseau ne transmettra des *composantes polyphasées* ($J_{i,n}$, ..., $J'_{i,n}$, ...) du type (4) que si la fréquence est comprise entre les limites

$$\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{3}{C}\,\frac{L_1+L_2-2M}{L_1L_2-M^2}},\qquad \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{3}{C}\,\frac{L_1+L_2+2M}{L_1L_2-M^2}}.$$

En résumé, au point de vue des fréquences, le réseau se comporte comme un film *passe-bande*, la bande passante étant d'autant plus élevée que les transformateurs sont parfaits; pour des transformateurs ayant de nombreuses fuites, il peut être possible d'observer cette bande dans les conditions habituelles de fonctionnement.

## ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la rationalisation des unités magnétiques.* Note (1) de M. Émile Brylinski.

On emploie largement, dans certains pays, pour les unités pratiques un système de rationalisation qui respecte la condition de laisser intactes les unités électriques et, par conséquent, les unités d'induction et de flux d'induction magnétiques.

On sait que la rationalisation des unités magnétiques consiste à faire disparaître le facteur $4\pi$ de la loi d'Ampère

$$\int(\mathcal{H}, dl)=4\pi I, \tag{1}$$

de sorte qu'elle devient plus simplement

$$\int(\mathcal{H}' dl)=I, \tag{2}$$

en distinguant par un accent les symboles des grandeurs dont les unités sont rationalisées. Cela revient, en fait, à remplacer $\mathcal{H}$ par $4\pi\mathcal{H}'$ dans toutes les équations où $\mathcal{H}$ figure. Le facteur $4\pi$ étant purement numérique, ce système ne change rien à la nature du champ magnétique et modifie seulement ses

(1) Séance du 16 novembre 1942.

mesures : l'unité rationalisée de champ magnétique est égale à $4\pi$ fois l'unité non rationalisée.

Il en résulte que les mesures rationalisées des champs magnétiques ne sont pas directement comparables aux mesures acquises antérieurement, qui ne l'étaient pas. Cet inconvénient apparaît comme peu important lorsqu'on constate que presque toutes les méthodes de mesure des champs magnétiques sont en réalité des méthodes de mesure de l'induction magnétique dont la valeur est, dans l'air et dans les systèmes électromagnétiques, la même que celle du champ à une différence insignifiante près, de sorte que l'on peut considérer presque toutes les mesures existantes de champ magnétique comme des mesures d'induction.

La rationalisation est une question d'unités, mais pas seulement une question d'unités, puisque le remplacement de $\mathcal{H}$ par $4\pi\mathcal{H}'$ modifie l'écriture de toutes les équations où $\mathcal{H}$ intervient.

Lorsqu'on arrive à la relation fondamentale entre le champ et l'induction

$$\mathcal{B} = \mu\mathcal{H}, \tag{3}$$

il faut concilier l'invariabilité de $\mathcal{B}$ avec la modification de $\mathcal{H}$. Il n'y a pour cela que deux moyens : ou bien conserver la forme (3) écrite

$$\mathcal{B} = \mu'\mathcal{H}', \tag{4}$$

en remplaçant $\mu$ par $\mu'/4\pi$, ou bien remplacer l'expression (3) de $\mathcal{B}$ par

$$\mathcal{B} = 4\pi\mu\mathcal{H}'. \tag{5}$$

La première solution est celle qui est actuellement adoptée. L'unité de perméabilité magnétique y est égale à $1/4\pi$ fois l'unité non rationalisée, de sorte que les mesures de perméabilités ne seront plus directement comparables aux mesures antérieures. De plus, on ne peut pas rationaliser les systèmes électromagnétiques. Si, en effet, on veut rationaliser le système E.M.C.G.S., l'unité de perméabilité sera égale à $\mu_0/4\pi$, de sorte que le système ne sera plus électromagnétique puisque l'unité de perméabilité n'y sera plus égale à $\mu_0$. Si l'on modifie le système en prenant $\mu_0$ comme unité de perméabilité, l'équation (4) obligera à remplacer $\mathcal{B}$ par $4\pi\mathcal{B}'$, c'est-à-dire à modifier toutes les unités électriques, ce que l'on s'est interdit.

La seconde solution évite complètement ces inconvénients : les perméabilités magnétiques ne sont modifiées en rien et le système E. M. C. G. S. peut être rationalisé sans difficulté. Le seul ennui de cette solution, qui a été indiquée par M. Dellinger il y a un quart de siècle et retrouvée depuis, tout à fait indépendamment, par M. Darrieus, est d'introduire le facteur $4\pi$ dans la formule (3), où il n'existe pas, pour aboutir à l'équation (5). C'est une considération de peu d'importance en présence des avantages qu'elle comporte.

MAGNÉTISME. — *Sur le ferromagnétisme des couches minces de nickel.* Note de M. **Antoine Colombani**, transmise par M. Paul Langevin.

J'ai donné (¹) le principe d'une méthode originale permettant la mise en évidence du ferromagnétisme et la mesure de la perméabilité de très petits échantillons de substance. Je rappelle qu'on y réalise à la fois l'opposition d'intensité et l'opposition de phase des forces électromotrices induites à 1000 ∼ dans deux bobines coaxiales, de même surface totale mais de sections très différentes.

L'opposition d'intensité est obtenue à l'aide d'un variomètre, et l'opposition de phase par un couplage inductif à trois bobines variables, placé entre le courant inducteur et le courant résultant induit. On obtient ainsi des zéros extrêmement précis, visibles suivant un trait horizontal à l'oscillographe cathodique après forte amplification ($10^7$).

Pour mettre en évidence le ferromagnétisme des couches minces de nickel, j'ai utilisé l'oscillographe de deux manières :

1° Sur l'une des paires de plaques (verticale), j'ai placé la tension résultante (proportionnelle à $dH/dt$), et sur la paire horizontale, une tension en phase avec H.

L'ellipse obtenue se réduit à une droite horizontale quand l'opposition de phase et d'intensité est réalisée. En introduisant alors dans l'axe des bobines un métal ferromagnétique, sous forme de couche mince, la tension induite est proportionnelle à $k\,dH/dt$, et il se dessine sur l'écran la courbe $k = f(H)$ ($k$ = susceptibilité).

2° Au lieu de placer le champ sur les plaques horizontales, j'ai synchronisé extérieurement sur le champ la f. é. m. induite, toujours placée sur les plaques verticales. Dans ces conditions, j'ai observé la déformation que subissait la sinusoïde de la f. é. m. induite (zéro volontairement non réalisé) quand j'introduisais le nickel dans l'axe des bobines.

J'ai constaté, naturellement, une amplification de la courbe, due à l'augmentation générale de f. é. m. qu'introduit un $\mu$ différent de l'unité. Mais sur ce phénomène un autre vient se greffer, qui est dû à la différence de phase; la courbe se déforme et glisse le long de l'axe horizontal, d'une manière très importante même pour les plus faibles épaisseurs de métal (quelques $m\mu$).

Je rappelle qu'à 1000 ∼, il n'y a aucune variation de phase pouvant résulter de l'existence de courants de Foucault (essai sur lame d'or et preuve théorique par le calcul).

Les deux méthodes m'ont donné des résultats identiques :

*a. Couches non recuites.* — Les couches non recuites, quelle que soit leur épaisseur, ne montrent qu'un ferromagnétisme extrêmement faible, à cycle

(¹) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 47.

d'hystérésis à peine perceptible, à perméabilité initiale faible de l'ordre de quelques unités entre 0 et 20 gauss.

Malgré toutes les précautions expérimentales, il se peut d'ailleurs que ce résidu de cycles soit dû à des germes cristallins isolés.

L'analyse aux rayons X ([2]) nous a montré que ces couches sont formées de groupements atomiques. Les strates d'atomes tangents dans ces groupements sont distantes de 2,05 Å, et forment des réseaux à deux dimensions dans lesquels le ferromagnétisme est insignifiant.

*b. Couches recuites.* — Les couches d'épaisseur inférieure à $220^{m\mu}$, ayant subi à 410° un recuit prolongé, montrent peu de changement dans leurs propriétés magnétiques. D'ailleurs leur structure, vue aux rayons X, n'a pas varié sous l'effet du chauffage, si ce n'est qu'on observe un accroissement des dimensions des groupements atomiques (ceci se traduit par une augmentation de résistivité).

Entre $220^{m\mu}$ et $360^{m\mu}$, la structure hexagonale qui se forme la première ne donne qu'un ferromagnétisme très faible.

Mais pour les couches d'épaisseur supérieure à $360^{m\mu}$, apparaît avec le recuit un ferromagnétisme très important, caractérisé par des cycles très larges. La perméabilité initiale croît, et atteint 12 unités (0 à 20 gauss). L'analyse aux rayons X décèle alors la présence de la structure cubique à faces centrées, résultant du glissement des plans d'atomes les uns sur les autres, sans que se modifient leurs distances mutuelles.

Ces résultats concernant l'apparition du ferromagnétisme semblent liés très étroitement aux travaux de Slater et Bloch qui font intervenir pour l'explication du ferromagnétisme la nécessité d'un ordre dans l'arrangement des atomes (allant jusqu'au réseau à trois dimensions), et en particulier aux derniers travaux de Slater (*Phys. Rev.*, 1936-1937) qui concluent à une distance des atomes suffisamment grande par rapport au diamètre moyen de la couche magnétique 3 *d*.

Je rappelle avoir signalé ([3]) le fait que mes couches de nickel subissent par recuit une diminution de résistance jusqu'à 320°. De 320° à 410°, cette diminution se change en une augmentation de résistance. Après recuit prolongé à 410°, j'ai obtenu des couches qui, après refroidissement, présentaient une résistance réversible entre +18° et +410°, avec le coude classique à 360°, point de Curie du nickel.

Les études de conductibilité, de structure et de magnétisme étant terminées, il m'est possible de donner une interprétation plausible des évolutions de conductibilité sous l'influence de la température.

Je peux admettre en effet que les couches initialement non ferromagnétiques

---

([2]) J. WYART et A. COLOMBANI, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 129.

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 795.

et formées de groupements d'atomes ([2]) cristallisent de 20° à 320° dans le système usuel. Cette cristallisation se traduit par une augmentation de la conductibilité, et l'apparition du ferromagnétisme caractérisé à 320° par une certaine valeur d'aimantation spontanée.

De 320° à 360° cette aimantation diminue et disparaît au point de Curie, en même temps qu'augmente la résistivité ([3]), ([4]).

Il semble bien, d'après ce phénomène, qu'il y ait une relation nette entre la conductibilité et l'aimantation spontanée, cette dernière favorisant la première.

DIFFRACTION MOLÉCULAIRE. — *Étude sur la dépolarisation des raies Raman des tungstates simples et complexes.* Note de M^lle **Marie Théodoresco**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons publié un certain nombre de résultats sur les spectres Raman des tungstates simples et complexes ([1]), ([2]), ([3]), sans parler encore de la dépolarisation des raies. Les études que nous avons faites à ce sujet nous ont permis de constater que l'analogie entre les spectres Raman des molybdates et des tungstates neutres se maintenait ([4]). Les tungstates neutres ont, eux aussi, *une seule raie polarisée.* C'est celle qui se distingue par son intensité. Elle a pour fréquence, dans le cas du tungstate neutre de sodium, 931 $cm^{-1}$. Les enregistrements microphotométriques nous ont également permis de repérer les quatre composantes de la bande qui accompagne la raie polarisée (le tout constitue le *paquet caractéristique*). En voici les fréquences : 819, 833, 858, 878 $cm^{-1}$ environ. Elles ont des états de dépolarisation différents de l'un à l'autre. La fréquence 833 $cm^{-1}$ est celle du maximum de la bande obtenue quand les spectres *i* et I sont superposés. D'autre part la bande large correspondant à des fréquences beaucoup plus faibles semble aussi se dédoubler, 318 et 329 $cm^{-1}$.

Nos hypothèses sur une *structure de fond commun* ([2]), ([5]), ([6]) qu'auraient les ions $MoO^{4--}$, $WO^{4--}$, quels qu'ils soient, anhydres, hydratés ou en solutions aqueuses, se trouvent étayées par les conclusions auxquelles arrive L. Végard ([7]) sur la scheelite, tungstate neutre de calcium : chaque atome W

---

([4]) A. Colombani, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 794; 215, 1942, p. 17.

([1]) M^lle Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 668.

([2]) *Ibid.*, 210, 1940, p. 175.

([3]) *Ibid.*, 210, 1940, p. 297.

([4]) *Ibid.*, 216, 1943, p. 56.

([5]) E. Darmois et M^lle Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1309.

([6]) *Thèse*, Paris, 1942, n° 2861.

([7]) *Philosophical Magazine*, 1, 1926, p. 1177.

est au centre d'un tétraèdre écrasé dans la direction de l'axe $c$ du cristal. A notre avis, les molécules d'eau contribueraient à transformer le tétraèdre, déjà déformé, des ions anhydres, en un tétraèdre plus ou moins déformé quand les ions sont hydratés.

A part les tungstates neutres, les autres tungstates, dits acides, ont *une double raie polarisée*; elle constitue le doublet le plus intense du paquet caractéristique. En voici les fréquences correspondant à l'acide métatungstique (8), 969-974 $cm^{-1}$, au métatungstate de sodium, 960-972 $cm^{-1}$. Les deux raies du doublet sont dans un état de polarisation très voisin. Nous trouvons là une différence avec les molybdates : quels qu'ils soient, ceux-ci ont *une seule raie polarisée* qui *ne se dédouble jamais* (4), (9).

On peut envisager deux hypothèses concernant les composés du tungstène autres que les tungstates neutres :

*a.* Les individus $WO^3$ auraient une structure telle qu'il en résulterait deux raies polarisées. Ce serait la configuration pyramidale, groupe de symétrie $C_{3v}$, avec W au sommet de la pyramide. Ce cas exige, d'après la théorie, quatre fréquences fondamentales. Or rien que le paquet caractéristique des spectres Raman de ces corps renferme plus de quatre raies. Mais nous avons un complexe, $x\,WO^3 \leftarrow\rightarrow y\,R^2O$ (avec $x$ et $y$ nombres entiers), dont les oscillations d'ensemble, beaucoup plus faibles que celles du groupe $WO^3$, ne peuvent être niées.

*b.* Les individus $WO^3$ pourraient avoir aussi la configuration plane, groupe de symétrie $D_{3h}$. Dans ce cas la théorie prescrit une seule raie polarisée. Il y aurait alors *deux formes voisines* d'individus $WO^3$ à cause de la bivalence du tungstène et chacune donnerait sa raie polarisée. Il en résulterait une double fréquence polarisée d'intensité très voisine parce que les deux formes se trouveraient en nombre à peu près équivalent (voir notre *Thèse*) (6).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle famille de composés, les éthers oxydes mixtes d'alcoyle et d'α-arylglycéryle.* Note de M. **Léonce Bert**.

La famille des éthers oxydes mixtes d'alcoyle et d'α-arylglycéryle, $Ar.CHOH.CHOH.CH^2.O.R$, a été mise au jour par nous, en appliquant la méthode d'oxydation permanganique ménagée de Wagner aux éthers oxydes mixtes d'alcoyle et d'alcoylcinnamyle $Ar.CH{:}CH.CH^2.O.R$, que nous avons obtenus comme suit :

---

(8) Mlles Marguerite Cordier, Marcelle Murgier et Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 28.

(9) Mlles Marcelle Murgier et Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 530.

Un carbure benzénique Ar.H est condensé avec le dichloro-1.3-propène $CH^2Cl.CH:CHCl$, parfois directement en présence de $Cl^3Al$ (1), en général indirectement par l'intermédiaire du bromure d'aryl-magnésium Ar.Mg.Br (2). On obtient ainsi, avec un bon rendement, le dérivé ω-chlorallylé $Ar.CH^2.CH:CHCl$, qui, chauffé avec KOH et un alcool ROH quelconque, dans les proportions moléculaires respectives 1, 3, 5, donne, en quelques minutes, avec un haut rendement, l'éther oxyde mixte d'alcooyle et d'alcoylcinnamyle cherché (2).

Un dixième de mol. de cet éther est émulsionné dans dix fois son poids d'eau glacée, à laquelle on ajoute $15^{cm^3}$ de lessive des savonniers, puis, goutte à goutte, en agitant et maintenant à 0°, une fois et demie la quantité théorique de permanganate de potassium en solution aqueuse saturée froide. La réaction est immédiate. Quand on a employé tout l'oxydant, on entraîne à la vapeur d'eau, on filtre bouillant pour éliminer la boue manganique et l'on épuise par l'éther le filtrat revenu à la température ambiante (il faut jusqu'à dix extractions). La solution éthérée est distillée au bain-marie; elle laisse un résidu huileux, qui, séché, cristallise plus ou moins vite. On le purifie par recristallisation dans un solvant approprié.

En acidulant par un léger excès de ClH le filtrat débarrassé de l'éther oxyde mixte précédent, on précipite l'acide Ar.COOH toujours formé en sous-produit. Telle quelle, la réaction se double donc d'un nouveau mode général de formation des acides aromatiques, qui, convenablement modifié, se change en un commode procédé de préparation de ces produits, parfois peu accessibles par les méthodes connues.

Les éthers oxydes mixtes d'alcoyle et d'α-arylglycéryle se présentent sous la forme de solides blancs, cristallisés. Ils sont plus solubles dans l'eau chaude que dans l'eau froide, ce qu'indique, dès le principe, le fait que, dans le mode opératoire décrit, le filtrat, limpide à chaud, se trouble pendant le refroidissement. L'éther les dissout très peu.

En treize ans, avec la collaboration de nombreux élèves, nous avons préparé 160 éthers oxydes mixtes d'alcoyle et d'α-arylglycéryle à partir des huit alcools usuels : méthylique, éthylique, *n*-propylique, isopropylique, *n*-butylique, isobutylique, isoamylique et benzylique et des vingt dérivés amylés suivants :

Benzène (3), *o*-, *m*- et *p*-bromotoluènes, *o*- et *p*-bromoéthylbenzènes, asym-bromo-*o*- et *m*-xylènes, 2-bromo-*p*-xylène, *p*-bromo-*n*-propylbenzène, *p*-bromocumène, 5-bromo-pseudocumène, 2-bromo-mésitylène, *p*-bromo-*n*-butyl-

---

(1) P. Bert, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 619.

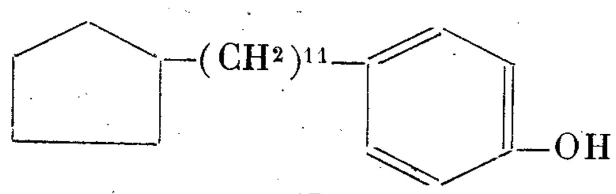
(2) L. Bert, *ibid.*, 180, 1925, p. 1504.

(3) On dénomme alors les composés $C^6H^5.CHOH.CHOH.CH^2.O.R$ éthers-oxydes mixtes d'alcoyle et de stycéryle.

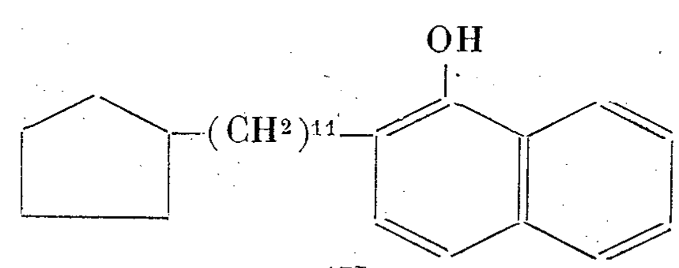
benzène, *p*-bromo-pseudobutylbenzène, 2-bromo-*p*-cymène, 3-bromo-*p*-cymène, *p*-bromo-*n*-amylbenzène, *p*-bromoisoamylbenzène et *p*-bromo-pseudoamylbenzène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Des phénols et quinones dérivés du chaulmoogra.* Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

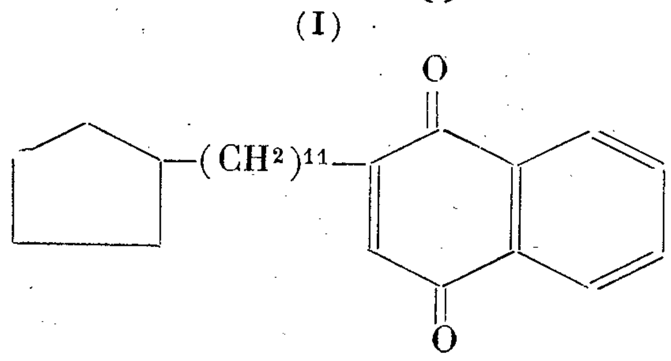
Poursuivant nos recherches sur la synthèse de substances à effet médicamenteux dérivés de l'huile de chaulmoogra, nous avons entrepris la préparation de phénols à chaîne latérale dihydrohydnocarpylique et dihydrochaulmoogrylique. Les travaux récents de l'école de Francfort (Prigge) ont montré en effet que certains dérivés chaulmoogriques de la résorcine sont doués d'activité antituberculeuse; d'autre part, on connaît les propriétés antiseptiques du phénol, des naphtols et de leurs homologues. Dans le présent travail, nous décrivons la synthèse du 4-dihydrohydnocarpyl-phénol (I), du 2-dihydrohydnocarpyl-α-naphtol (II) et de leurs dérivés. Enfin les recherches de Fernholz et collab. sur l'activité vitaminique K des α-naphtoquinones à longue chaîne latérale nous ont incités à préparer la 2-dihydrohydnocarpyl-



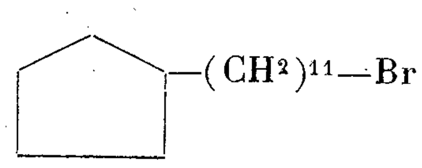
(I)



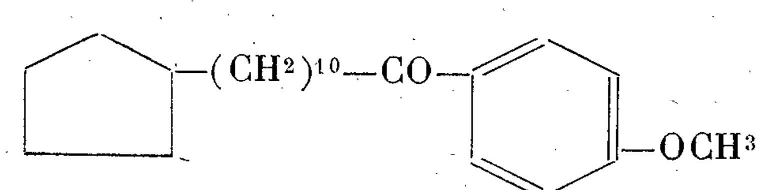
(II)



(III)

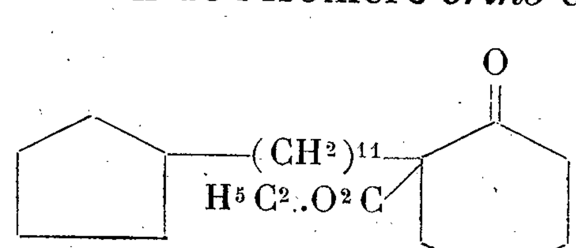


(IV)

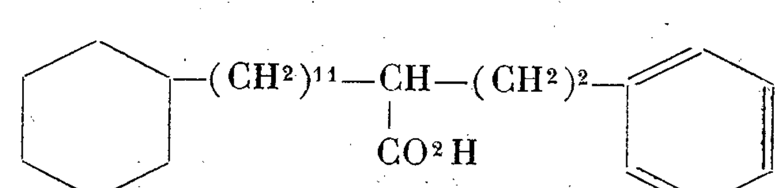


(V)

1.4-naphtoquinone (III). Le composé (I) a été obtenu de la façon suivante : le chlorure de l'acide dihydrohydnocarpique (1) a été condensé avec l'anisol en présence de $Cl^3Al$ en 4-dihydrohydnocarpoyl-anisol (V), lequel est réduit selon Clemmensen en 4-dihydrohydnocarpyl-anisol (VI), lequel est converti en (I) par déméthylation au moyen de BrH acétique. Une tentative de préparation de l'isomère *ortho* de (I) en condensant le bromure (IV) de l'alcool



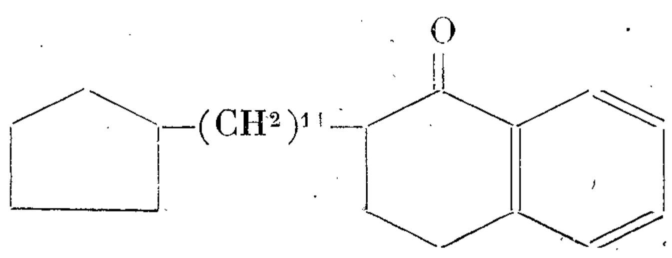
(VII)



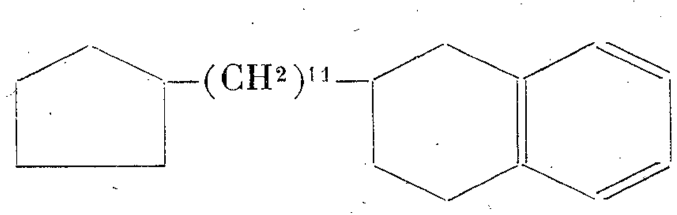
(VIII)

(1) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 9, 1942, p. 95.

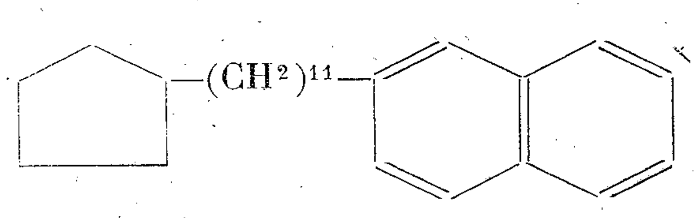
dihydrohydnocarpique avec le dérivé sodé du cyclohexanone-2-carbonate d'éthyle en (VII), saponification, puis déshydrogénation de la cétone obtenue, a échoué, car le 2-dihydrohydnocarpyl-cyclohexanone-2-carbonate d'éthyle (VII) est rigoureusement insaponifiable, et par ClH et par $SO^4H^2$ (encombrement stérique). La synthèse de (II) se fait à travers les stades suivants :



(IX)



(X)



(XI)

condensation de (IV) avec l'ω-phényléthylmalonate d'éthyle sodé, saponification et décarboxylation en acide α-dihydrohydnocarpyl-γ-phénylbutyrique (VIII), cyclisation du chlorure de cet acide (VIII) en 2-dihydrohydnocarpyl-1-tétralone (IX), et déshydrogénation de (IX) en (II) au moyen de Se. La quinone (III) a été préparée en réduisant selon Clemmensen la cétone (IX) en 2-dihydrohydnocarpyl-1.2.3.4-tétrahydronaphtalène (X), déshydrogénant cette tétraline en β-dihydrohydnocarpyl-naphtalène (XI) par Se, et oxydant (IX) au moyen de $CrO^3$ acétique. Les corps (I), (II) ou (III) ont tout l'aspect de graisses; (I) donne des savons peu solubles dans l'eau, alors que (II) est tout à fait insoluble dans la soude aqueuse.

*Mode opératoire.* — 1° (V) $C^{23}H^{36}O^2$. Un mélange refroidi à 0°, de $10^g$ de chlorure d'acide dihydrohydnocarpique, $50^{cm^3}$ de nitrobenzène et $8^g$ d'anisol est traité par $Cl^3Al$; après 24 h. de repos à $t^o$ ordinaire, on fait le vide pour enlever ClH, et traite comme d'ordinaire. On obtient $6^g$ de cétone $É_2$ 240-250°, cristallisant de l'alcool en paillettes incolores F 47-48° (ramollissement préalable). L'oxime $C^{23}H^{37}ON$ cristallise de l'alcool en masses cireuses mamelonnées F 67-68° (ramollissement préalable); 2° (VI) $C^{23}H^{38}O$. On fait bouillir un mélange de $10^{cm^3}$ de benzène, $10^{cm^3}$ de méthanol et $15^{cm^3}$ de ClH pendant 48 h., avec $4^g$ de la cétone (V) et $10^g$ de Zn amalgamé. On obtient ainsi un liquide ($3^g$) $É_{12-13}$ 270-275°, se solidifiant à la glacière en une masse grasse incolore F 29-30° environ; 3° (I) $C^{22}H^{36}O$. $3^g$ de (VI) sont chauffés pendant 3 h. avec un mélange de $25^{cm^3}$ de BrH, à 48 % et $25^{cm^3}$ d'acide acétique glacial à reflux; on verse dans l'eau, épuise au benzène, lave 4 fois à l'eau, sèche la couche benzénique sur $SO^4Na^2$, chasse le solvant et distille sous haut vide. On obtient $2^g$ d'une graisse incolore $É_2$ 240-250°, d'odeur phénolique désagréable, fondant à température ordinaire après cristallisation dans l'alcool; le savon de Na est peu soluble dans l'eau; par copulation avec le diazoïque de la 4-aminophénylsulfamide, on obtient le 4-sulfamidobenzène-2'-azo-4'-dihydrohydnocarpylphénol $C^{28}H^{42}O^3N^3S$ : graisse rouge orangé (de l'alcool); 4° (IV) $C^{16}H^{31}Br$. Obtenu à partir de l'alcool dihydrohydnocarpique (²) ($50^g$) et $PBr^3$ ($22^g$) dans le chloroforme ($100^{cm^3}$) à — 10°; liquide fluide, incolore, stable, $É_{1,2}$ 169-171°; 5° (VII) $C^{25}H^{44}O^3$. On sode $8^g$ de cyclohexanone-2-carbonate d'éthyle par $1^g$ de Na pulvérisé sous $50^{cm^3}$ de xylène, puis chauffe avec $12^g$ de (IV) au reflux pendant 30 h. Après traitement, on obtient $12^g$ de liquide jaune pâle, huileux, $É_{13}$ 260-265°, $É_{1,5}$ 220-225°, fournissant une semicarbazone $C^{26}H^{47}O^3N^3$ cristallisant de

(²) *Ibid.*, 212, 1941, p. 729.

l'alcool en belles aiguilles peu solubles F 106°. Le corps (VII) a résisté à plusieurs jours de traitement à ClH concentré bouillant, ou à $SO^4H^2$ au 1/4; 6° *dihydrohydnocarpyl-ω-phényléthyl-malonate d'éthyle* $C^{31}H^{50}O^4$. 22^g de malonate d'éthyle substitué sont sodés par 2^g,20 de Na pulvérisés sous 100^cm³ de xylène; on ajoute ensuite 20^g de (IV) et chauffe 48 h. au reflux; on obtient 26^g d'un liquide jaune, peu visqueux, $É_{2\text{-}3}$ 270-280°; 7° (VIII) $C^{26}H^{42}O^2$. La saponification par la potasse alcoolique donne après décarboxylation un liquide très visqueux $É_{2,5}$ 270-275°, incristallisable, mais donnant un amide $C^{26}H^{43}ON$ se séparant du benzène en paillettes onctueuses F 115-116°; 8° (IX) $C^{26}H^{40}O$. L'acide précédent est transformé en chlorure par $SOCl^2$ dans le chloroforme; on dissout ensuite dans le benzène déthiophéné, refroidit à 0°, ajoute $Cl^3Al$, laisse 12 h. à $t°$ ordinaire, et traite comme d'habitude; liquide huileux jaune pâle $É_{1\text{-}2}$ 250-260°, n'ayant pas donné de semicarbazone, même après 2 mois de contact; 9° (II) $C^{26}H^{38}O$. (IX) est chauffé 24 h. à 330-340° avec la quantité calculée de Se. Après distillation, on a un liquide jaunâtre, visqueux, $É_{1,5}$ 250-260°, insoluble dans la soude aqueuse même concentrée, mais dont l'analyse correspond bien à la constitution indiquée, $Cl^3Fe$ donne une coloration rouge; 10° (X) $C^{26}H^{42}$. La réduction de la cétone (IX) s'effectue comme celle de (V), et donne un liquide huileux jaune pâle $É_{1\text{-}2}$ 240-250°; 11° (XI) $C^{26}H^{38}$. On déshydrogène (X) par le poids théorique de Se à 330-340°; huile jaune pâle $É_{1\text{-}2}$ 240-250°, n'ayant pas cristallisé, et donnant un picrate jaune, huileux; 12° (III) $C^{26}H^{36}O^2$ : 1^g de (XI) est dissous dans 20^cm³, d'acide acétique glacial, et traité goutte à goutte par une solution de 3^g de $CrO^3$ dans 6^cm³ d'acide acétique aqueux à 50 %, sous une violente agitation, laquelle sera ensuite maintenue pendant 5 h. à $t°$ ordinaire. On verse dans l'eau, épuise à l'éther, lave la solution éthérée à la soude aqueuse diluée, puis à l'eau, sèche sur $SO^4Na^2$, évapore l'éther, et recristallise le résidu solide dans l'éther de pétrole; fines aiguilles jaune pâle F 68-59°.

## CHIMIE DES COMBUSTIBLES. — *Préparation de substances humiques décendrées exemptes d'azote et de soufre.* Note de M^lle **Eva Ganz.**

Les composés humiques naturels formant un intermédiaire dans la dégradation de la lignine, il existe une relation certaine entre les squelettes fondamentaux de ces deux groupes de corps. Pour déterminer la constitution de ces squelettes, nous avons dû, tout d'abord, préparer des produits humiques purs.

Les produits humiques extraits de divers lignites ou tourbes ne sont pas identiques, comme le montre l'analyse élémentaire. Les chiffres varient de 58,2 % (Odén, *Die Huminsäuren-Kolloïd Chem.*, Beiheft 11, 1922) à 63,63 % (Simek, *Brennstoff Chem.*, 1^er décembre 1928) pour le carbone; de 2,42 % (Souci-Schmitt, *Brennstoff Chem.*, 15 juillet 1937) à 5,14 % (Simek) pour l'hydrogène, et de 28,89 % (Ubaldini, *Brennstoff Chem.*, 15 juillet 1937) à 33,66 % (Simek) pour l'oxygène. Tous contiennent des quantités appréciables de cendres. Quelques auteurs trouvent en plus de l'azote entre 0,17 % (Detmer, *Landw. Versuchsst.*, 14, 1871) et 5,61 % (Souci-Schmitt) et du soufre entre 0,7 % (Arnold Lowy-Thiessen, *Fuel Sci. Pract.*, 14, 1935, p. 107) et 4,96 % (Ubaldini).

Certains regardent sans preuves expérimentales ces deux éléments comme des impuretés retenues par adsorption (Odén, Simek, Ubaldini), mais d'autres

les considèrent comme des éléments constitutifs de la molécule humique (Waksman et Iyer, *Journ. Wash. Acad. Sci.*, 22, 1932). Nous nous proposons de montrer le caractère erroné de cette dernière conception.

Nous préparons nos produits humiques (Procédé inédit de M[lles] Paronelli et Ganz), sans les altérer à partir du lignite d'Hostens pulvérisé, soumis pendant 90 jours à l'action d'une solution diluée d'ammoniaque (15 % de $NH^3$ par rapport au lignite sec) à la température ordinaire (la décomposition commence déjà à 80°), et nous précipitons par HCl l'extrait ammoniacal. Après lavage soigné et séchage à poids constant, on a le *produit humique brut n° 1*.

Celui-ci, traité au soxhlet par un mélange d'alcool absolu et de 2,5 % de HCl concentré, laisse un résidu insoluble R qui est l'acide humique proprement dit, et une solution alcoolique composée d'une fraction insoluble dans l'éther (A ou acide hymato-mélanique) et d'une fraction soluble dans l'éther B, sans doute formée d'acides résineux, de bitume etc. Le rendement est de 74g en R, 20g en A et 6g en B pour 100g de produit humique n° 1. R contient d'ailleurs une partie soluble dans la pyridine.

Notre produit humique n° 1 contient 1,6 % d'azote (méthode de Kjeldahl), 0,95 % de soufre (méthode de Grote) (Grote-Krekeier, *Zeitsch. Angew. Chem.*, 46, 1933) et 1,73 % de cendres, en majeure partie du $Fe^2O^3$ et du $Al^2O^3$.

L'azote et le soufre ne peuvent pas faire partie du squelette des produits humiques, car il suffit de traiter ce produit n° 1 par HCl (D = 1,12 à 60°) pour lui enlever complètement et l'azote et le soufre. Ce traitement fait tomber également la teneur en cendres à 1,1 %.

En dosant le soufre et le fer dans les différentes fractions, nous avons trouvé :

| Substance. | S %. | Fe %. | Cendres. | Rapport atomique S/Fe. |
|---|---|---|---|---|
| Produit n° 1 | 0,95 | 0,88 | 1,63 | 2 × 0,966 ($FeS^2$) |
| N° 1, traité par HCl | 0 | – | 1,1 | 0 |
| Fraction A | 3 | 0,61 | 1,33 | 2 × 4,35 ($SH^2$) |
| A, après digestion aqueuse à 60° | 0 | – | 1,23 | 0 |
| Fraction B | 0 | – | 0,04 | 0 |
| Résidu R (acide humique) | 0,2 | 0,16 | 0,73 | 2 × 1,06 ($FeS^2$) |

Le soufre insoluble, quand il est présent, se trouve donc à l'état de pyrite de fer entraînée au cours de la préparation. On peut en libérer complètement l'acide humique en utilisant un peu plus d'acide pour l'alcoolyse.

En ce qui concerne l'azote, notre extraction par l'ammoniaque en introduit dans la molécule, car on fait tomber sa teneur en remplaçant ce réactif par le carbonate de potassium ou la soude. On a en effet, pour l'azote, des produits humiques :

| Substance. | N %. Produit brut. | N %. Après lavage acide. |
|---|---|---|
| Lignite d'Hostens | 0,86–0,92 | – |
| Produit humique extrait par $NH^3$ | 1,60–1,66 | 0 |
| » » NaOH | 0,6 –0,7 | 0 |
| » » $CO^3K^2$ | 0,54–0,56 | 0 |
| Fraction A | 1,7 –1,8 | 0 |
| » B | 0,2 –0,4 | 0 |
| » R (acide humique) | 1,7 –1,73 | 0 |

Les différentes fractions présentent une constance remarquable en azote. Il semble donc qu'elles ont fixé une partie de l'azote ammoniacal par voie chimique, mais il suffit de les traiter par HCl à 60° pour les débarrasser de toute trace d'azote, traitement qui ne peut pas attaquer le squelette.

En résumé, le soufre présent dans les produits humiques du lignite d'Hostens est une impureté minérale formée de pyrite de fer entraînée au cours de leur extraction.

L'azote trouvé dans ces mêmes produits provient en partie de celui du lignite lui-même, en partie de l'ammoniaque utilisée comme solvant; l'azote ne fait pas partie du squelette humique.

En traitant par HCl à 60° le produit humique brut obtenu à partir de l'humate d'ammonium, on n'altère pas le squelette et il reste un produit décendré, sans soufre ni azote, qui peut servir à préparer des dérivés humiques en vue de la détermination de la structure du squelette et du processus de dégradation de la lignine.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur une influence possible du reboisement sur les glissements de terrains.* Note de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans toute la moitié méridionale des Alpes françaises, des surfaces très importantes ont été reboisées artificiellement au cours de ces cinquante dernières années. On se proposait principalement de régulariser le régime des torrents et de diminuer le ravinement, c'est-à-dire l'érosion par ruissellement direct.

Ces résultats sont obtenus parce que l'eau de pluie, retenue par le tapis végétal, séjourne à la surface du sol un temps suffisant pour s'infiltrer en grande partie, et parce que les racines retiennent les particules qui pourraient être entraînées par la fraction des eaux pluviales qui ruisselle superficiellement.

Mais les mêmes facteurs facilitent, au contraire, les glissements de terrains, c'est-à-dire le déplacement lent et progressif d'une tranche épaisse de terrain argileux imbibée d'eau et ramollie. L'épaisseur impliquée est beaucoup plus considérable que celle jusqu'à laquelle pénètrent les racines; l'humidité retenue à la surface du sol par le tapis végétal a tout le temps de s'infiltrer progressivement, alors que, sur un terrain nu, elle aurait été enlevée par le ruissellement ou l'évaporation avant toute pénétration appréciable. Comme on s'en rend compte facilement, dans les ravins non reboisés les particules superficielles sont enlevées par l'érosion avant même d'être sensiblement altérées, et la roche qui subsiste est, mécaniquement, très saine.

Un exemple particulièrement net, qui vient à l'appui de ces considérations, peut s'observer à la cabane forestière de Brette, au Nord-Est de Luc-en-Diois, dans des reboisements déjà anciens établis sur les marnes oxfordiennes; on

constate là un glissement de terrain récent, en cours d'évolution, et qui ne s'est pas encore transformé en coulée boueuse. Ce glissement est certainement postérieur à l'époque du reboisement, comme en témoignent ses relations avec les aménagements établis à ce moment (chemins etc.).

On reconstitue facilement le régime de ruissellement antérieur, qui ne devait laisser nulle part aux eaux de pluie la possibilité de séjourner et de s'infiltrer. L'analyse des modifications introduites dans le régime du ruissellement par le reboisement permet donc de lui attribuer sans hésitation la responsabilité du glissement.

On sait qu'une fois un glissement amorcé dans une masse argileuse, il devient impossible de l'arrêter, et très difficile de le ralentir ou même de l'empêcher de s'étendre.

Alors que le reboisement ne peut présenter que des avantages dans les terrains suffisamment calcaires pour ne pas donner lieu à des glissements (Bajocien, Bathonien, Argovien, Néocomien), on devrait donc, dans les terrains franchement argileux (Oxfordien, Aptien), n'y procéder qu'avec d'autant plus de prudence que, si ses avantages apparaissent immédiatement, ses effets nocifs ne se font sentir qu'à longue échéance.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'origine de gros vaisseaux de la tige jeune de* Bryonia dioïca. Note de M[lle] **Madeleine Fourcroy**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les tiges annuelles de la Bryone ont une élongation rapide : certains entrenœuds atteignent 12 et $15^{cm}$; la différenciation basipète intercaulaire des éléments conducteurs s'y poursuit longuement, et cependant on sait combien la structure de telles tiges demeure simple. Non seulement le nombre des faisceaux cribro-vasculaires est limité à 10, mais encore le nombre des vaisseaux constituant les plus gros de ces faisceaux est longtemps faible. J'ai cherché de quelle façon se réalise la différenciation basipète intercaulaire des nombreux éléments vasculaires apportés à chaque nœud par une feuille volumineuse, une vrille et un axe florifère.

Les faisceaux centraux mettent très longtemps à atteindre la forme stabilisée classique du faisceau vasculaire présentant de 3 à 7 files de vaisseaux superposés secondaires de petit calibre, accompagnées des 2 gros vaisseaux latéraux. Partant du bourgeon terminal, c'est souvent au-dessous du cinquième nœud *apparent* que 2 des 5 faisceaux du centre acquièrent simultanément *un* vaisseau de calibre nettement supérieur. Ils sont alors extrêmement dissymétriques (faisceaux B et E de la figure 1); une zone génératrice très épaisse, constituée de petits éléments, occupe dans chacun des 2 faisceaux la place du futur second vaisseau de gros calibre. Le premier demeure seul sur une longueur corres-

pondant à 3 ou 5 entre-nœuds; mais, au cours de la différenciation basipète, son calibre diminue si sensiblement qu'il finit par s'intégrer à une des files plus anciennes du faisceau et à ne plus être décelable. Cette réduction du calibre est parfois si rapide que le faisceau, devenu dominant sous le nœud de par la présence d'un gros élément, est semblable aux autres dès la base de l'entre-nœud. Or il ne s'agit pas ici d'une conséquence de l'accélération

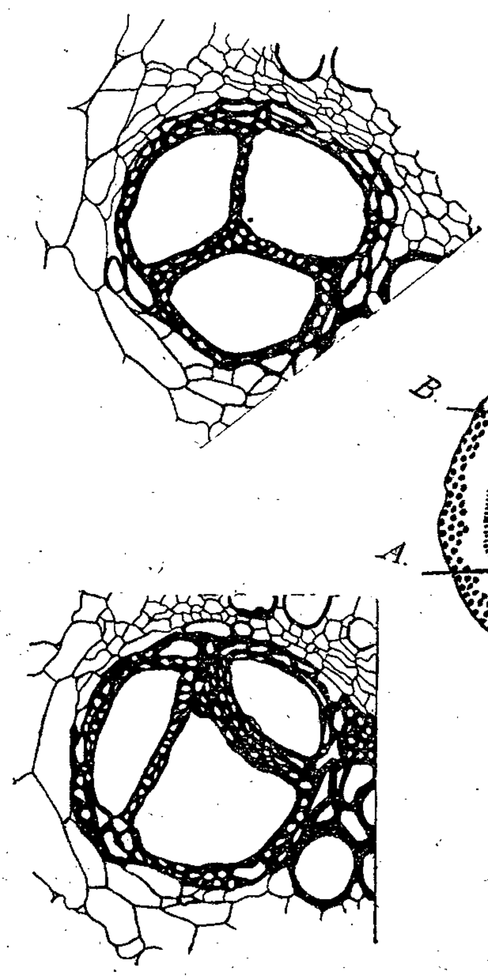


Fig. 2 et 3.

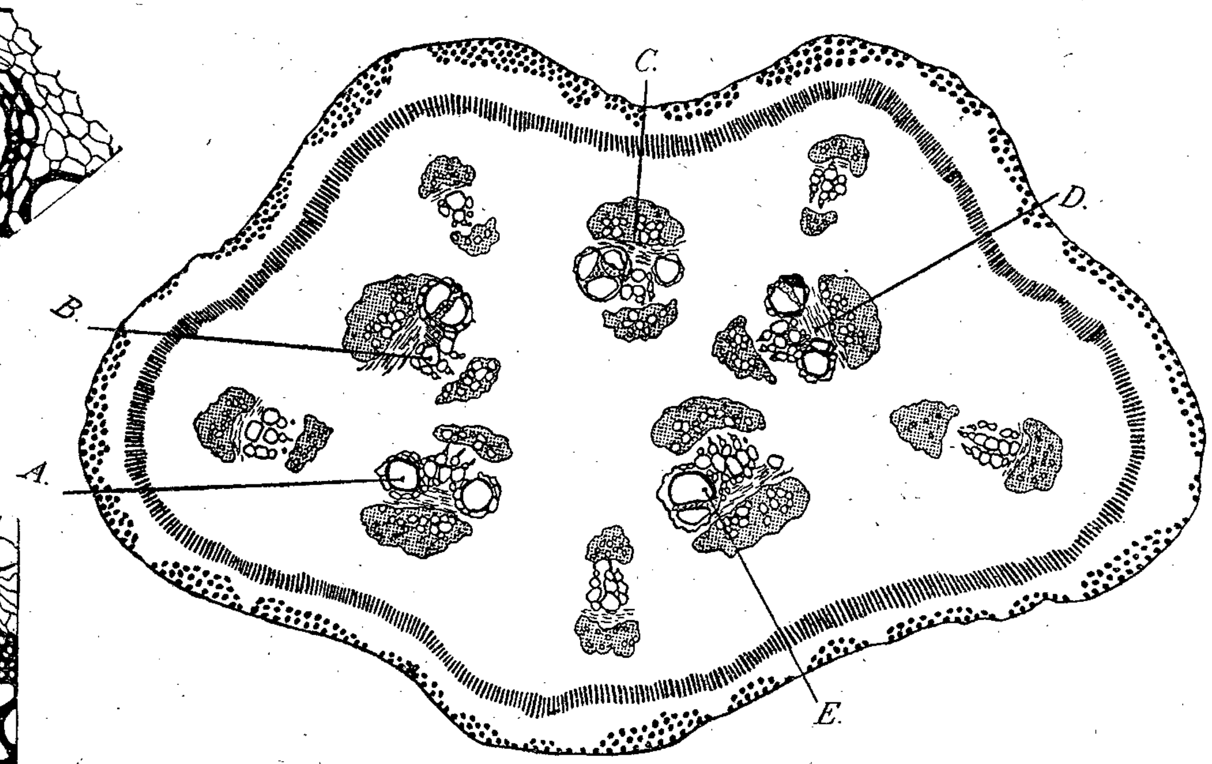



Fig. 1.

basifuge; si cela était, nous trouverions un vaisseau à section énorme en suivant l'élément dans la partie caulaire, puis foliaire (au sens de G. Chauveaud) de l'unité morphologique qui l'apporte à la tige. Il n'en n'est rien : aucun faisceau du cercle externe (en majeure partie formé d'éléments caulaires) ne présente de vaisseau de très gros calibre; aucun vaisseau de feuille, de vrille ou d'axe floral n'atteint de dimensions remarquables. Ceux qui nous retiennent n'apparaissent qu'au niveau des nœuds, au moment où se réalisent les trajets presque horizontaux de très nombreux vaisseaux caulaires ou intercaulaires passant des faisceaux du cercle externe à ceux du cercle interne. J'ai suivi les apports; ils intéressent massivement, à chaque nœud, 2 des 5 faisceaux centraux; ils se font *latéralement* aux faisceaux intercaulaires préexistants. A ce moment de multiples *vaisseaux contemporains s'anastomosent* (comme Pellissier le signale dans la Courge) et engendrent ces éléments de calibre si étrange qui, ontogénétiquement, n'existent pas (*fig.* 2, faisceaux B, C, D, E). On s'explique alors pourquoi, se fondant les uns dans les autres par leurs extrémités en biseau, ils constituent rapidement un vaisseau unique dont *le calibre est toujours inférieur à la somme des calibres des éléments composants*, et

pourquoi le calibre de ce vaisseau unique se réduit si vite. En définitive chacun des gros vaisseaux de la Bryone est un *vaisseau mixte* (Pellissier), un vaisseau à *valence multiple*, si j'adopte le terme que Bouvrain applique au faisceau. Chacun d'eux correspond à une infinité de vaisseaux contemporains venus de la feuille, de l'axe floral et de la vrille d'un nœud $n$; dans le plan, la différenciation centrifuge s'en trouve extrêmement limitée. Alors qu'on s'attend à déceler un nombre appréciable de nouveaux vaisseaux sur le bord interne du tronçon générateur, on observe un déversement de ces éléments les uns dans les autres, susceptible d'être étudié dans l'épaisseur d'une même coupe (*fig.* 2 et 3).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Phénomènes de dédifférenciation dans les tumeurs corticales produites chez la Tomate.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En vue d'études cytologiques sur la dédifférenciation, nous avons réalisé des tumeurs expérimentales d'un type particulier en contaminant des plaies superficielles pratiquées sur des jeunes tiges de Tomate, par *Phytomonas tumefaciens*. On obtient ainsi des proliférations qui n'intéressent que les cellules corticales de la tige, à l'exclusion des formations libéro-ligneuses.

Ces cellules corticales sont de grande taille, prismatiques, renfermant une grande vacuole et peu de cytoplasme, réparti en une pellicule pariétale. Le chondriome est exclusivement composé de mitochondries granuleuses et de très courts bâtonnets; les chloroplastes, lenticulaires, renferment le plus souvent de nombreux petits grains d'amidon; des granules lipidiques sont répartis dans le cytoplasme. Le noyau, accolé à la paroi, est plus ou moins hémisphérique ou aplati; il est pauvre en chromatine, celle-ci formant un réseau très grêle épaissi aux nœuds en chromocentres.

Les premiers signes d'activation se manifestent sur les noyaux et sur le chondriome. Tout d'abord interviennent les processus de cicatrisation de la blessure : mitoses nombreuses et formation d'une zone de type subérophellodermique; c'est sur les bords de cette zone et à l'extérieur que se produisent les tumeurs. Les cellules initiales se divisent et leur noyau s'enrichit légèrement en chromatine; en particulier, les chromocentres grossissent. Nous n'avons pas relevé d'anomalies dans ces mitoses.

En ce qui concerne le chondriome, des phénomènes plus particuliers ont retenu notre attention. Dès les premiers symptômes de l'influence bactérienne, on observe un gonflement des mitochondries, qui aboutit bientôt à leur vésiculisation en petites sphérules creuses, mais cette vésiculisation est réversible et n'entraîne pas la destruction observée dans les phénomènes bien connus de *cavulation* du chondriome; on constate en effet que la taille des vésicules diminue progressivement, tandis que les plastes régressent à leur tour.

La dédifférenciation des plastes commence par la résorption de leurs grains d'amidon, à leur intérieur. Puis, les plastes subissent des divisions répétées, par étranglement, formant d'abord des figures en chapelets, en fuseaux, enfin des granules de plus en plus petits qui se confondent bientôt avec les mitochondries.

Au cours de cette première phase, on obtient des petits massifs de cellules à chondriome et plastes dédifférenciés à l'état de grains ou de très courts bâtonnets. Au centre de ces nodules, les membranes de certaines cellules acquièrent des épaississements ligneux réticulés; autour d'elles naissent des zones génératrices plus ou moins nettes. Il est remarquable que dans les cellules de ces zones le chondriome se transforme souvent en longs chondriocontes; cet allongement semble en rapport avec une faible activité physiologique, le fonctionnement de ces assises étant très lent et irrégulier.

L'étude cytologique de tumeurs plus âgées et de certaines tumeurs jeunes montre en effet des particularités rappelant les traits d'une dégénérescence. Ainsi, au lieu de la vésiculisation restreinte et réversible décrite plus haut, il se produit souvent, soit d'emblée (jeunes tumeurs), soit plus tard, après dédifférenciation (tumeurs âgées), une vésiculisation massive du chondriome et des plastes qui atteint une ampleur extraordinaire et n'est plus réversible. Toutefois, elle ne semble pas indiquer la mort prochaine des cellules qui les contiennent; celles-ci restent certainement telles quelles très longtemps; les endroits où on les trouve ne sont pas ceux, fréquents aussi, où les tissus se nécrosent et dont les cellules manifestent les caractères léthals habituels : floculation du cytoplasme, pycnose nucléaire etc. Les cellules à chondriome vésiculé ne présentent pas ces caractères.

Enfin les tissus internes des tumeurs âgées reforment souvent des chloroplastes, mais ceux-ci, à peine pigmentés, conservent des formes peu différenciées. Dans les grandes cellules tumorales, le chondriome banal s'allonge souvent en très longs filaments, relativement peu sidérophiles et souvent gonflés, comme en voie de vésiculisation. Or ces cellules, légèrement redifférenciées, n'évoluent à peu près plus et ont probablement une activité physiologique réduite.

A côté de ces modifications n'entraînant pas un véritable *rajeunissement* mais souvent une dégénérescence, d'autres phénomènes de dédifférenciation se produisent qui aboutissent à des cellules ayant plus d'analogies avec les cellules embryonnaires habituelles; ils nous font passer des cellules de type cambial à des cellules de type méristématique primaire. Nous les avons rencontrés surtout dans les régions périphériques de tumeurs avancées, où des cellules à longs chondriocontes continuent à se dédifférencier en segmentant à nouveau leur chondriome en mitochondries et chondriocontes de plus en plus courts, souvent jusqu'à former un chondriome exclusivement constitué de mitochondries granuleuses. En même temps commence la régression de la

grande vacuole et sa segmentation. Le noyau prend une forme sphérique et s'enrichit encore en chromatine; il acquiert de gros chromocentres qui simulent de mieux en mieux des prochromosomes, et prend dans la cellule une position centrale. Le rapport nucléoplasmique augmente considérablement. Enfin le suc vacuolaire se concentre, les fixateurs y produisent des précipités tannifères.

Dans les tissus superficiels ainsi formés, les régions externes meurent et s'exfolient, l'assise profonde s'organise en une sorte d'*épiderme*, et les plages méristématiques néoformées arrivent à donner naissance à des bourgeons, souvent nombreux.

Ainsi, nous avons observé la *dédifférenciation totale* de cellules corticales en cellules méristématiques primaires de tige, en passant par l'état intermédiaire de cellules de type cambial.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les variations de la composition chimique et la richesse en vitamine* $B_2$ *de la farine de germe de Blé.* Note de M. **Raoul Lecoq** et M^lle^ **Anne Raffy**, présentée par M. Paul Portier.

Les chiffres habituellement retenus et considérés comme normaux, tant pour la constitution chimique que pour la richesse vitaminique du germe de Blé (comme ceux d'un grand nombre de produits végétaux), sont évidemment sujets à révision, du fait des conditions de culture actuelles, les engrais manquant de plus en plus. Une preuve très simple nous en est fournie par la comparaison des résultats analytiques trouvés il y a une vingtaine d'années (voir le tableau, échantillon I) par l'un de nous [1] et des résultats que nous avons obtenus sur les produits provenant des deux dernières récoltes (voir le tableau, échantillons II à VI).

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Humidité | 7,02 | 9,35 | 9,36 | 8,98 | 9,04 | 6,77 |
| Cendres | 5,00 | 4,46 | 3,94 | 4,44 | 3,83 | 4,08 |
| Matières grasses ou lipides | 11,44 | 9,47 | 7,22 | 8,25 | 7,80 | 8,07 |
| Matières azotées ou protides | 30,53 | 29,87 | 26,53 | 25,42 | 27,27 | 24,18 |
| Mat. hydrocarbonées saccharifiables ou glucides (en amidon) | 45,55 | 45,45 | 48,20 | 44,65 | 47,40 | 45,00 |

La richesse en protides et surtout en lipides apparaît sensiblement abaissée. Nos chiffres témoins (échantillon I) sont, en effet, très proches de ceux qui furent publiés par Aimé Girard [2] et par Kent-Jones [3], lesquels trouvèrent

[1] R. Lecoq, *Bull. Soc. Hyg. alim.*, 10, 1922, p. 552.
[2] *Composition chimique et valeur alimentaire du grain de froment*, Paris, 1884.
[3] *Modern Cereal Chemistry*, Liverpool, 1927.

respectivement pour des germes de Blé purs : 12,50 et 11,87 % de lipides, alors que notre plus récent dosage pratiqué sur un germe de Blé soigneusement trié à la main ne nous a pas donné plus de 9,04 % de lipides.

Le dosage de la vitamine $B_2$ fut effectué sur deux des échantillons précédents (II et VI), par la méthode biologique et par une double méthode chimique. Le dosage chimique fut pratiqué par fluorimétrie sur un extrait méthylique purifié par agitations avec du chloroforme et par oxydation permanganique en milieu acétique, méthode inspirée de celle d'A. Gourévitch ([4]). La vitamine $B_2$ fut également titrée après avoir été transformée en lumiflavine par irradiation en milieu alcalin ([5]). Les résultats notés, plus faibles dans le premier cas, plus forts dans le second, oscillaient entre $1^{\gamma},5$ et $2^{\gamma},6$ par gramme de farine de germe traitée, avec une moyenne de $2^{\gamma}$, tant pour l'échantillon II que pour l'échantillon VI. Un échantillon différent, vieux de deux années, nous montra seulement une teneur moyenne de $1^{\gamma},3$ et la richesse de l'échantillon II contrôlée au bout d'un an n'était plus que de $1^{\gamma},4$ en moyenne. Le vieillissement paraît donc avoir une influence destructrice possible.

Le dosage biologique de la vitamine $B_2$ (et des facteurs de croissance agissant physiologiquement de même manière) fut pratiqué sur de jeunes rats de 30 à $40^{g}$ en utilisant la technique préconisée par l'un de nous, avec Mme L. Randoin et Aguirrezabala ([6]), les doses quotidiennes de farine de germe de Blé ajoutées au régime purifié privé de vitamine $B_2$ s'échelonnant depuis $5^{g}$ jusqu'à $0^{g},25$ par jour. Les résultats, obtenus par comparaison avec le même régime complété au moyen d'une dose quotidienne de $10^{\gamma}$ de riboflavine par jour, montrèrent une teneur en vitamine $B_2$ et facteurs accessoires voisins (exprimée en riboflavine) de $10^{\gamma}$ par gramme pour l'échantillon II et de $13^{\gamma}$ par gramme pour l'échantillon VI. La mort survenait habituellement du 20e au 30e jour chez les rats soumis au régime avitaminé, alors que des croissances du même ordre s'observaient soit avec $10^{\gamma}$ de riboflavine, soit avec $1^{g}$ de la farine II ou $0^{g}75$ de la farine VI. La discordance observée entre le dosage biologique et les dosages chimiques montre qu'il existe vraisemblablement dans la farine de germe de Blé, à côté de corps présentant les caractères chimiques de la riboflavine, d'autres substances douées d'une action vitaminique semblable, ainsi que cela fut d'ailleurs observé chez certains poissons ([7]).

*Conclusions.* — La teneur en protides et surtout en lipides des farines

---

([4]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **19**, 1937, p. 125.

([5]) M. Fontaine et Mlle A. Raffy, *Act. Scient. Ind.*, Paris, 1940, n° **871**, p. 20.

([6]) Mme L. Randoin, Mlle A. Raffy et J. Aguirrezabala, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 872.

([7]) Mme L. Randoin, M. Fontaine, R. G. Busnel et Mlle A. Raffy, *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, p. 473.

obtenues par moûture des germes provenant de Blés cultivés dans les conditions actuelles apparaît sensiblement inférieure aux chiffres anciennement admis comme normaux.

L'activité vitaminique $B_2$ d'une substance ne saurait être indifféremment mesurée par les voies biologiques et chimiques; les résultats trouvés avec la méthode biologique, dans le cas du germe de Blé, sont environ cinq fois supérieurs à ceux déterminés par les méthodes chimiques.

Cette différence s'explique par la présence de facteurs de croissance ayant une action physiologique comparable à celle de la vitamine $B_2$ et renforçant l'activité de la riboflavine (vitamine $B_2$ chimiquement pure).

Le vieillissement de la farine de germe de Blé entraîne une diminution de son activité vitaminique $B_2$ pouvant atteindre en deux ans un tiers environ de l'activité totale

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Caractères chimiques de l'albumine de Bence-Jones.* Note de MM. **Paul Harvier** et **Maurice Rangier**, présentée par M. Léon Binet.

L'urine d'une malade atteinte de carcinomatose des os, secondaire à un cancer latent du rein, contient 5g d'albumine de Bence-Jones et 3g de sérum-albumine par litre.

Le sulfate d'ammoniaque à demi-saturation ne donne aucun précipité; l'urine ne contient donc ni albumoses, ni sérum-globuline. Le sulfate d'ammoniaque à saturation et le sulfate de magnésium à saturation, en milieu acétique, précipitent les deux albumines.

*Isolement de l'albumine de Bence-Jones.* — L'urine est traitée, après filtration, par HCl jusqu'à cessation de précipité. Dans ces conditions, l'albumine de B.-J. est insolubilisée, la sérum-albumine reste en solution en donnant des syntonines solubles dans un excès d'acide.

Le précipité, recueilli sur un filtre, est lavé à plusieurs reprises avec une solution de HCl à 30 °/₀₀. On redissout dans l'eau et l'on précipite à nouveau par HCl. Pour obtenir l'albumine de B.-J. purifiée en solution aqueuse, on reprend par l'eau le précipité essoré sur un Buchner. Pour obtenir l'albumine sèche, on lave le précipité à l'alcool, à l'éther et l'on dessèche dans le vide sulfurique.

*Analyse.* — La solution d'albumine purifiée, neutralisée par la soude diluée et additionnée d'un léger excès d'acide acétique, conserve ses caractères de thermosolubilité. En présence d'un excès de NaCl, elle précipite à froid par l'acide acétique. Le précipité obtenu se redissout à la température de l'ébullition et reparaît par refroidissement. La solution précipite à froid par le réactif

de Tanret et l'acide azotique et présente, d'une façon intense, les réactions de coloration des matières protéiques.

Nous avons cherché si l'albumine de B.-J. ne s'identifiait pas avec l'osséomucoïde du tissu osseux, substance glycoprotéique, dont le groupement prosthétique, l'acide chondroïtine-sulfurique, contient de l'acide sulfurique estérifié et des sucres réducteurs (glucosamine et acide glycuronique).

Pour caractériser le groupe prosthétique, nous avons opéré de la façon suivante :

Une fraction de la solution d'albumine est hydrolysée pendant 6 heures au bain-marie avec 10 % d'acide chlorhydrique. Après refroidissement et filtration, le chlorure de baryum n'a fourni aucun précipité; l'albumine ne contient donc pas d'acide sulfurique estérifié.

La solution d'hydrolyse, neutralisée par la soude, ne réduit pas la liqueur de Fehling. Enfin la réaction de Tollens à la naphtorésorcine est négative; il n'y a donc pas de sucre réducteur ni d'acide glycuronique.

L'albumine de B.-J. ne contient donc pas le groupement prosthétique glucidique des mucinoïdes et est différente de l'osséomucoïde du tissu osseux. Elle se différencie de la sérum-albumine par sa thermosolubilité et sa précipitation par les acides, en particulier par $CH^3COOH$ et HCl.

Dans ces conditions, nous avons étudié sa constitution chimique, comparativement à la sérum-albumine, de la façon suivante :

Sur une fraction de la solution d'albumine de B.-J. on effectue le dosage de l'azote total et l'on hydrolyse avec 2 % d'acide sulfurique au bain-marie, pendant 2 heures, puis on neutralise après refroidissement par de la lessive de soude diluée. On dose ensuite par la méthode de Baudouin et Lewin le sucre libéré au cours de cette hydrolyse ménagée. Ces deux déterminations permettent de calculer le rapport sucre exprimé en glucose/azote total.

Nous avons trouvé : glucose $0^g,06$ ‰, azote total $0^g,84$ ‰, d'où

$$R = 0,06/0,84 = 0,07.$$

Ce chiffre est celui que l'on obtient avec la sérum-albumine du sang normal. Cette détermination confirme les résultats obtenus par l'hydrolyse chlorhydrique. De plus, la réaction de Tollens est aussi négative sur cet hydrolysat sulfurique neutralisé.

Enfin, sur l'albumine pulvérisée et desséchée dans le vide, nous avons dosé le soufre total et le soufre méthionique. Voici les résultats obtenus, comparés à ceux que donne la sérum-albumine :

| | Soufre | |
|---|---|---|
| | total %. | méthionique %. |
| Albumine de Bence-Jones........ | 1,15 | 0,414 |
| Sérum-albumine................ | 1,90 | 0,715 |

D'après ces résultats, l'*albumine de Bence-Jones se différencie nettement de la sérum-albumine par sa teneur en soufre total et en soufre méthionique.*

*Conclusions.* — L'albumine de B.-J. n'est ni une albumose ni une globuline; elle est, d'autre part, nettement différente de la sérum-albumine et de l'osséomucoïde. Cependant, si elle se différencie de cette dernière substance par l'absence du groupement prosthétique, elle s'en rapproche par ses caractères de solubilité (HCl, NaOH, $CO^3Na^2$) et de précipitation ($CH^3COOH$ et HCl). Étant donnée son origine, l'albumine de B.-J. apparaissant dans l'urine au cours d'une maladie qui s'accompagne de destruction du tissu osseux, il est vraisemblable d'admettre qu'à la suite d'un processus enzymatique hydrolysant de nature pathologique, le groupement prosthétique de l'osséomucoïde se dissocie et suit le destin des sucres et des acides acétique et sulfurique dans l'organisme. La protéine, libérée de son groupement et qui présente encore les caractères de solubilité et de précipitation de la glycoprotéine initiale, passe dans le sang, et est éliminée par le rein. La sérum-albumine, dans notre cas, était peut-être le fait du cancer du rein, mais on peut penser aussi que l'albuminerie de B.-J., à titre de protéine étrangère, engendre des lésions rénales, expliquant l'apparition de sérum-albumine dans l'urine, comme le fait s'observe dans le myélome multiple des os.

MICROBIOLOGIE. — *Applications de la méthode microbiologique de Winogradsky à l'étude physiologique des Bactéries nitreuses.* Note (¹) de M. **Raoul Cerighelli**, transmise par M. Serge Winogradsky.

Je me propose de montrer dans cette Note que la nouvelle méthode de Winogradsky peut être utilement employée dans l'étude physiologique des Bactéries nitreuses. Cette étude, on le sait, ne pouvait jusqu'ici se faire aisément par les méthodes de la microbiologie générale, en raison des difficultés de culture et d'isolement de ces Bactéries. Avec la nouvelle méthode, on peut les étudier, même en employant, pour les ensemencements, les mélanges complexes d'organismes existant dans le sol.

Pour provoquer le développement des Bactéries nitreuses, on se sert de milieux de culture au silico-gel, imprégnés d'une solution minérale renfermant du sulfate d'ammoniaque et recouverts d'un enduit au carbonate de chaux. On mesure l'activité des Bactéries par la décalcification que produit l'acide nitreux élaboré.

Dans mes expériences, les milieux de culture sont préparés suivant les indi-

(¹) Séance du 4 janvier 1943.

cations de Winogradsky ([2]), dans des boîtes de Petri de 9-10$^{cm}$ de diamètre, et les ensemencements sont faits à l'aide de suspensions de terre obtenues suivant les procédés classiques.

Dans l'expérience que je vais rapporter à titre d'exemple, j'ai employé une terre de jardin abondamment fumée et dont les suspensions étaient diluées au 1/10, 1/100, 1/1000 et 1/10000. Pour chaque suspension, je disposais de trois boîtes identiques et toutes les boîtes étaient placées à l'obscurité et maintenues à la température de 31-32°. Tous les jours, les cultures étaient examinées et l'on comptait, au fur et à mesure qu'ils apparaissaient, les points de décalcification, correspondant pour autant aux colonies de Bactéries nitreuses devenues visibles sur le gel. Avec un peu d'habitude, en observant le gel par le fond des boîtes et en se servant d'un quadrillage convenable, on ne faisait pas dans ces comptages une erreur supérieure à 4 ou 5 %. En opérant ainsi, j'ai pu faire les observations suivantes :

1° Les premiers points de décalcification apparaissent (les colonies de bactéries deviennent visibles) d'autant plus tôt que les suspensions ayant servi aux ensemencements sont plus concentrées. C'est le 6$^e$ jour pour les ensemencements au 1/10; les 6-7$^e$ pour ceux au 1/100; les 9-10$^e$ pour ceux au 1/1000; les 9-11$^e$ pour ceux au 1/10000. Ce temps, pendant lequel les bactéries ensemencées se multiplient avant que les colonies formées deviennent visibles, est une sorte de temps de latence; on voit qu'il diminue quand le nombre de bactéries ensemencées augmente.

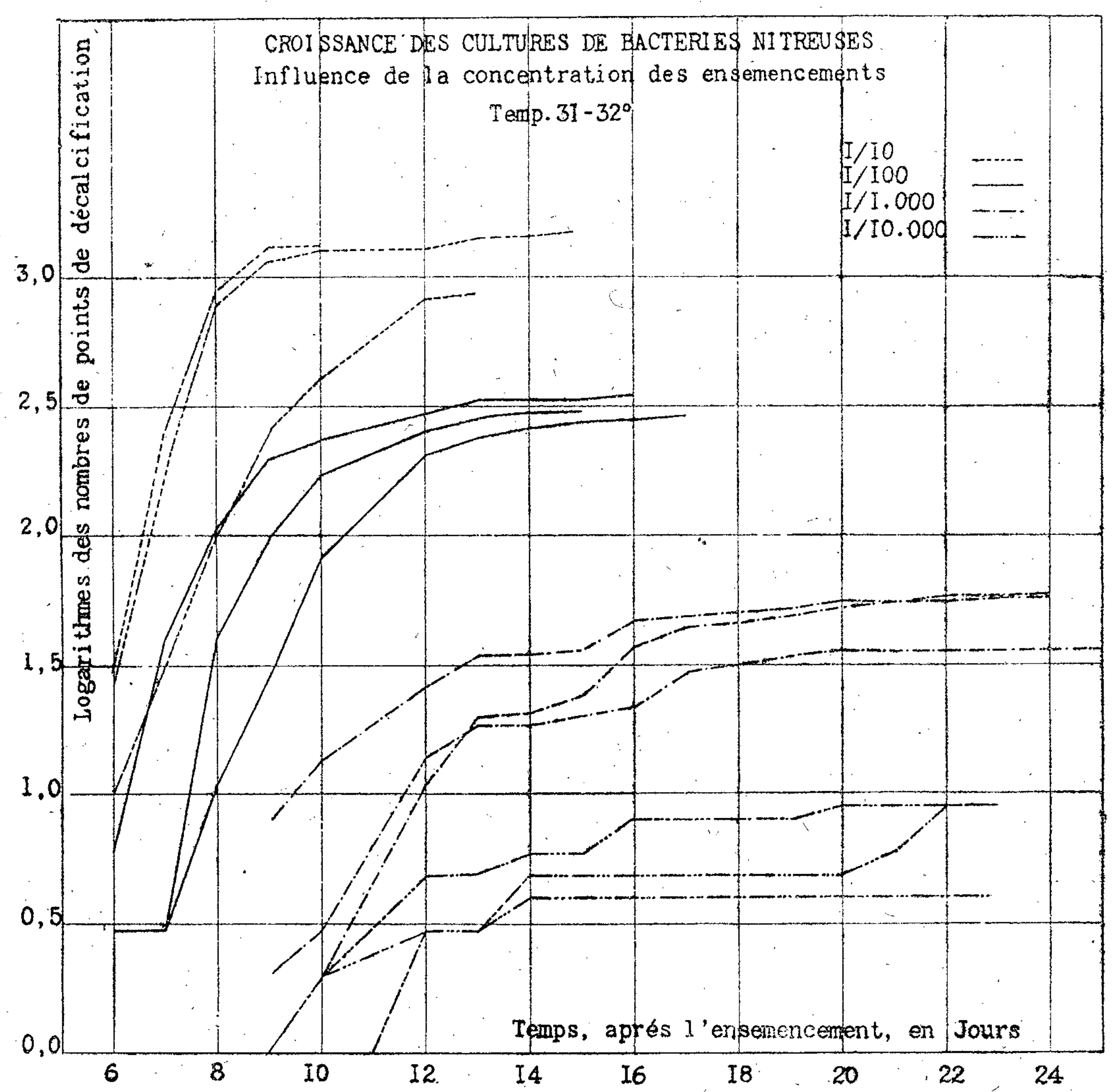
2° En général, les accroissements journaliers des nombres de points de décalcification augmentent plus ou moins rapidement, atteignant un maximum, puis diminuent et finalement s'annulent. Les maxima se produisent d'autant plus tôt et sont d'autant plus élevés que les suspensions d'ensemencement sont plus concentrées. Il s'ensuit que les nombres totaux de points de décalcification ou, ce qui revient au même, de colonies visibles, représentés par les sommes des accroissements successifs, augmentent aussi de jour en jour et finissent par passer par des maxima. Ces nombres varient comme la croissance des cultures; leurs variations peuvent se représenter par des courbes en S ou mieux par des courbes logarithmiques. Pour toutes les cultures en expérience, on a tracé des courbes de ce dernier modèle; elles sont figurées ci-contre.

On peut constater que, malgré les différences individuelles, la vitesse de croissance augmente en général avec la concentration des suspensions, c'est-à-dire avec le nombre de bactéries ensemencées, ce qui est conforme aux résultats obtenus en microbiologie générale pour d'autres espèces microbiennes. Les maxima de colonies développées par boîte varient évidemment dans le même sens que les concentrations.

---

([2]) *Ann. Inst. Pasteur*, 50, 1933, p. 350.

Il est bien entendu que je n'examine ici que le phénomène total; apparition de points de décalcification en rapport avec la formation de colonies suffisamment volumineuses. Pour le moment, je ne cherche pas à en expliquer le




mécanisme, me réservant d'étudier plus amplement cette question ailleurs. Je dirai seulement qu'il me semble probable que les facteurs examinés varient avec la concentration des suspensions parce que les colonies ne proviennent pas de la multiplication de cellules isolées, mais de groupes où les cellules sont en nombres très variables. On peut bien admettre, par exemple, que ces nombres sont d'autant plus grands dans chacun des groupes que les suspensions sont elles-mêmes plus concentrées.

La séance est levée à 16h.

L. B.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1942.

*Sur des ensembles parfaits*, par SOPHIE PICCARD. Note additionnelle sur les ensembles de sommes du même auteur, in *Mémoires de l'Université de Neuchatel*. Tome XVI. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 vol. $24^{cm}$.

*Géographie physique de la France*, par EMMANUEL DE MARTONNE. Paris, Librairie Armand Colin, 1942; 1 vol. $29^{cm}$.

*La toile géométrique des Araignées*, par ANDRÉ TILQUIN. Paris, Presses Universitaires de France, 1942; 1 vol. $25^{cm},5$ (présenté par M. L. Fage).

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JANVIER 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

### GÉODÉSIE. — *Sur les réfractions géodésiques.* Note de M. **Ernest Esclangon**.

J'ai montré [1] que la loi liant l'indice de réfraction $n$ d'une couche atmosphérique à la distance $r$ du centre de la Terre

$$(1)\qquad (n-1)\,e^{\mu^2 n^2 r^2} = \text{const.} = (n_0-1)\,e^{\mu^2 n_0^2 r_0^2}$$

répond sensiblement à la distribution réelle des densités de l'air, particulièrement dans les basses couches, jusqu'à 12 à 15$^{\text{km}}$ d'altitude, lesquelles interviennent principalement dans la réfraction astronomique, et exclusivement dans les réfractions géodésiques. Elle conduit à une intégration immédiate de l'équation de réfraction et à une formule simple pour représenter la réfraction R entre un point A (poste d'observation) et un autre point B quelconque de l'atmosphère sur la trajectoire d'un rayon lumineux parvenant en A. On a ainsi

$$(2)\qquad \mathrm{R} = \zeta - \zeta_0 = 2\mu n_0 r_0 \sin\zeta_0 \left[(n_0-1)\,\psi(x) - (n-1)\,\psi\left(\sqrt{x^2 + \mathrm{L}\frac{n_0-1}{n-1}}\right)\right];$$

$\zeta_0$ est la distance zénithale du rayon en A, $\zeta$ l'angle de la tangente à la trajectoire en B avec la verticale du point A, $n_0$ et $n$ les indices de réfraction en A et B, $x$ la quantité $x = \mu n_0 r_0 \cos\zeta_0$. La formule s'applique pour toutes les distances zénithales, même supérieures à 90°. Enfin $\psi(x)$ est la fonction connue, réduites en tables

$$(3)\qquad \psi(x) = e^{x^2}\int_x^{+\infty} e^{-x^2}\,dx.$$

Si A et B sont deux stations géodésiques en lesquelles on fait simultanément des observations de hauteur, de A vers B, et de B vers A; si l'on fait en outre en ces points des mesures de la température et de la pression, on en conclura,

---

[1] *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 100.

de deux façons différentes, conduisant ainsi à un contrôle, la réfraction R, entre A et B : 1° par le calcul de R, au moyen de $n_0$, $r_0$, $\zeta_0$ en A et de $n$ en B; 2° par le calcul de R, au moyen de $n$, $r$, $\zeta'$ en B ($\zeta'$ désignant la distance zénithale du rayon lumineux en B) et de $n_0$ en A. Il est à remarquer que la connaissance de $r_0$ et de $r$ n'exige aucune précision pour ces calculs, une erreur de 500$^m$ en altitude par exemple n'entraînant pour les produits $n_0 r_0$ ou $nr$ qu'une erreur relative inférieure à 1/10000. Au surplus les distances zénithales $\zeta_0$ et $\zeta'$ du rayon en A et B sont liées à l'angle $\varphi$ des verticales en A et B, par la relation $R = \varphi + \pi - (\zeta_0 + \zeta')$, ce qui peut fournir une troisième vérification, étant connu $\varphi$.

Si l'on ne possède que les observations faites en A, sur le point B, comme il pourrait arriver si le point B était inaccessible ou si les observations en A et B n'étaient pas simultanées, le calcul de R exige la connaissance de l'indice $n$ en B, qui doit être obtenu, dans ce cas, par une représentation théorique; par exemple avec l'hypothèse, en général voisine de la réalité, que la température décroît régulièrement entre A et B.

Si l'on suppose que la température décroît de $\tau^\circ$ par kilomètre d'altitude, on trouve que $(n-1)$ et $p$ sont très approximativement donnés en fonction de $(n_0 - 1)$ et $p_0$ et de la différence d'altitude $z$ en kilomètres par la formule

$$(4)\qquad \frac{n-1}{n_0-1} = \left[1 - \frac{\lambda z}{1+\gamma t_0}\right]^{\frac{1}{8\lambda}-1}, \qquad \frac{p}{p_0} = \left[1 - \frac{\lambda z}{1+\gamma t_0}\right]^{\frac{1}{8\lambda}},$$

$t_0$ et $p_0$ désignant la température et la pression en A ($\lambda = \tau/273$, $\gamma = 1/273$).

Avec $\tau = 4^\circ,9$ par exemple, on obtiendrait

$$(5)\qquad \frac{n-1}{n_0-1} = \left[1 - \frac{z}{56(1+\gamma t_0)}\right]^6, \qquad \frac{p}{p_0} = \left[1 - \frac{z}{56(1+\gamma t_0)}\right]^7.$$

Lorsque le rayon lumineux, entre A et B, ou au-delà de B, peut devenir horizontal (normal au rayon vecteur) en un point H, une incertitude pourrait naître au sujet du signe à prendre devant le radical de la formule (2). Cette circonstance ne peut se produire que si $\zeta_0 > 90^\circ$; le radical doit être pris avec le signe $-$ si B est situé entre A et H, avec le signe $+$ s'il est au delà de H. Cette incertitude est facile à lever de la manière suivante. Au point H on a $nr = n_0 r_0 \sin\zeta_0$; par suite, d'après la relation (1) et au point H,

$$(6)\qquad (n-1) = (n_0 - 1)\, e^{\mu^2 n_0^2 r_0^2 \cos^2\zeta_0} = (n_0 - 1)\, e^{\nu^2}.$$

Connaissant ainsi $n$ au point H, on peut calculer la réfraction entre A et H par la formule (2) dans laquelle le radical est nul; par suite, calculer l'angle $\zeta_0 + R$ que fait avec la verticale de A la tangente en H. Si $\varphi$ désigne l'angle des verticales en A et B, on aura $\varphi = \zeta_0 + R - (\pi/2)$. La connaissance de l'angle $\varphi$ fera connaître ainsi sans ambiguïté la position du point B, par rapport à H, sur la trajectoire A, B.

Dans tous les cas la connaissance de la réfraction entre A et B permet de

corriger la distance zénithale apparente du petit angle que fait la direction observée avec la direction géométrique AB, par exemple par la méthode suivante. La distance du centre de la Terre à la tangente en B à la trajectoire est égale à

$$r \sin \zeta' = r \sin i = \frac{nr \sin i}{n} = \frac{n_0 r_0 \sin \zeta_0}{n}. \tag{7}$$

Connaissant $n$ au point B, par suite la réfraction R, la tangente en B se trouve ainsi déterminée en direction et position. Si $\varphi$ désigne l'angle connu des verticales en A et B, on peut donc déterminer le point d'intersection B de cette tangente avec la verticale du point B, par suite l'angle de la droite AB avec la direction apparente observée $\zeta_0$, c'est-à-dire la correction de réfraction cherchée.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les manifestations chronaximétriques de la subordination dans le système nerveux.* Note de M. **Louis Lapicque**.

En 1923, M[me] Lapicque, explorant sur la Grenouille à système nerveux intact l'excitabilité du nerf sciatique avec la réaction d'un muscle extenseur pour test, voyait la chronaxie augmenter notablement aussitôt après que la portion de nerf interrogée était séparée des centres. Par des ablations successives, il apparut que l'excitabilité dépendait d'une petite portion définie de l'encéphale; si l'on détruit ce centre, ou si l'on interrompt en un point quelconque le trajet complexe qui le relie au nerf, celui-ci présente la même chronaxie que lorsqu'il est totalement isolé, chronaxie conditionnée alors, évidemment, par sa seule constitution; l'arrêt des fonctions de l'encéphale par un anesthésique donne le même résultat. L'effet de la section consiste donc à supprimer une influence centrale qui constitue le phénomène à étudier.

En 1928, j'ai repris la question avec elle; examinant systématiquement des nerfs moteurs de Batraciens et de Mammifères *in situ* sur des animaux à l'état physiologique, nous avons observé des chronaxies variables qui se laissent ramener, par la section ou l'anesthésie complète, à une valeur fixe pour un nerf donné; nous avons dénommé celle-ci *chronaxie de constitution*, les valeurs précédentes étant appelées *chronaxies de subordination*.

Sous ce dernier nom, la donnée nouvelle, en dépit de certains scepticismes, a suscité rapidement en tous pays de nombreux travaux dans les laboratoires et les cliniques neurologiques [1]. Elle a été étendue aux Poissons, aux Chéloniens, aux Oiseaux et même aux Invertébrés (Mollusques, Crustacés), bien que leur système nerveux soit construit sur un plan très différent.

---

[1] Une monographie importante, publiée en 1936 par M. Mollaret sous le titre *Interprétation du fonctionnement nerveux par la notion de subordination*, contient déjà des centaines de références; j'y renvoie pour la bibliographie.

Il s'agit donc d'un processus général; ce n'est pas à dire qu'il affecte tous les nerfs au même moment; il présente au contraire, notamment entre agonistes et antagonistes autour de chaque articulation, une sélection changeante qui paraît bien être essentielle dans son rôle d'aiguilleur de l'influx nerveux. Je n'insiste pas sur ce rôle ([2]), mais, désirant mettre en place le progrès réalisé dans la connaissance de ce processus par l'intéressant travail de B. et P. Chauchard qu'on trouvera ci-après, il me paraît nécessaire de préciser la portée du terme *subordination*. Je viens d'en résumer la genèse pour faire comprendre qu'il ne doit pas, quel que soit l'usage qui s'est établi, être appliqué au processus lui-même. Par exemple, ayant obtenu pour le nerf du gastrocnémien, extenseur du pied, une chronaxie plus petite que pour le nerf du péronier, fléchisseur, on coupe le nerf ou bien on sépare l'encéphale de la moelle; on retrouve alors la chronaxie d'extension au niveau de la chronaxie de flexion qui n'a pas varié. Il est légitime de dire que le premier nerf présentait une chronaxie de subordination; il ne serait pas exact de dire qu'il était subordonné tandis que le second ne l'était pas. La subordination domine constamment les deux systèmes de fibres nerveuses, leur imposant, suivant les conditions du moment, une différenciation chronaxique variable. Évidemment, cette fonction n'est manifeste et n'a pu être découverte que sur un nerf dont la chronaxie est ainsi modifiée; mais s'il s'agit d'analyser la modification elle-même, il serait bon d'avoir pour celle-ci une désignation distincte.

En 1932, au Congrès international de Physiologie à Rome, j'ai proposé *métachronose* (c'est-à-dire changement de chronaxie, comme métamorphose signifie changement de forme). Ce terme a été adopté dans un certain nombre de travaux. Personnellement je l'ai un peu négligé, mais actuellement il me paraît nécessaire d'y insister et d'y apporter plus de précision.

A l'époque où M^me^ Lapicque et moi définissions la chronaxie, nos élèves et nous-mêmes opérions systématiquement sur des nerfs séparés des centres; nous constations alors que les variations d'excitabilité produites par l'action sur un point d'un changement de température, d'une goutte de poison, d'une lésion mécanique, restaient localisées en ce point et ne diffusaient qu'à très faible distance. Nous avions même érigé ce fait en loi en disant : *la chronaxie est un paramètre local.* Mais en 1932, M^me^ Lapicque, qui avait constaté de cette manière une diminution de chronaxie nerveuse sous l'influence de la strychnine, reprit la question en présence des centres nerveux. Elle obtint les mêmes résultats avec des doses 3 fois plus faibles quand le nerf restait relié à la moelle, 10 à 15 fois plus faibles quand celle-ci restait reliée à l'encéphale. Plus remarquable encore est le point suivant; dans une première phase de l'intoxication, le changement de chronaxie ainsi produit disparaît rapidement

([2]) Voir pour cela L. LAPICQUE, *La machine nerveuse*, 1 vol. (*sous presse*).

si l'on détruit les centres ou si l'on en sépare le nerf. Il y a donc sur le nerf une action du poison qui s'exerce par l'intermédiaire d'un mécanisme central. Le phénomène, retrouvé avec une série de poisons, fut vaguement rattaché à la subordination.

Mais tout récemment les Chauchard, ayant vu, chez le Chien, par application de nicotine sur la moelle mise à nu dans la région dorsale, les fibres abdominales du nerf splanchnique présenter l'augmentation de chronaxie caractéristique de l'application locale de ce poison, ont hypothétiquement précisé que l'action pharmacodynamique portait sur le corps du neurone (partie renflée contenant le noyau, cellule nerveuse de l'ancienne histologie). La démonstration de l'hypothèse a été obtenue sur les neurones des racines dorsales, neurones sensitifs, dont les corps se trouvent dans les ganglions rachidiens, exempts d'arborisations et du multiple lacis de neurones dont la complexité dans la moelle rend aléatoire tout raisonnement simple. La nicotine, déposée à dose convenable sur un de ces ganglions, augmente à distance la chronaxie sensitive du nerf correspondant. Cet effet ne s'obtient plus si le ganglion est tué par une dose trop forte de nicotine ([3]).

Il s'agit donc d'un processus actif du corps du neurone créant et maintenant dans les fibres qui dépendent de lui un état particulier d'excitabilité, processus dont la relation avec l'empoisonnement local appelle de nouvelles études.

A ce point de vue, il faut souligner parmi les résultats des Chauchard le fait suivant. L'application sur le ganglion rachidien d'un pôle d'un courant électrique continu détermine sur la fibre, à distance, une augmentation de chronaxie pour le pôle —, une diminution pour le pôle +. Or Cardot et Laugier, en 1914, ont montré de telles variations de chronaxie quand on applique sur le nerf un courant continu, c'est-à-dire dans le phénomène classiquement décrit depuis trois quarts de siècle sous le nom d'*électrotonus*. Mais cet électrotonus classique décroît progressivement jusqu'à zéro en une courte longueur à partir des électrodes. Dans le phénomène des Chauchard, le corps du neurone joue donc un rôle essentiel et le phénomène peut être caractérisé par la désignation d'*électrotonus somatogène*.

D'autre part Monnier et Jasper, en 1932, puis Monnier et Gaudin, en 1934, ont trouvé que la fibre nerveuse en état de métachronose par subordination présente soit une augmentation, soit une diminution de la polarisation normale; l'analyse de ce phénomène a montré une analogie profonde avec l'électrotonus de l'un ou de l'autre signe. Certaines données anatomiques semblent montrer que la subordination s'exerce sur le corps cellulaire nucléé du neurone subordonné. J'ai formulé cette conception en 1933 à la réunion de l'Association des Physiologistes à Liége ([4]). S'il en est bien ainsi, et les

---

([3]) Voir page 161.
([4]) *Ann. de Physiol. et de Physicoch. biol.*, 9, 1933, p. 903.

résultats ci-dessus consolident singulièrement l'hypothèse, la métachronose de subordination serait, elle aussi, un électrotonus somatogène.

Quand un toxique, strychnine ou nicotine, appliqué sur les centres nerveux, produit dans un sens ou dans l'autre une variation de chronaxie qui s'étend à distance à tout le neurone, nous avons affaire aussi à un processus somatogène, mais ce processus est-il le même?

Il est fort possible qu'il s'agisse toujours d'un électrotonus. Je me propose d'entreprendre des recherches dans ce sens avec M. Monnier. D'après ses travaux précédents ([5]), je note dès maintenant que la mesure chronaximétrique ordinaire sur l'excitabilité dans l'électrotonus n'est pas exactement une chronaxie; elle caractérise sans ambiguïté la métachronose; mais il y aura lieu, reprenant une discussion sommairement ouverte, de préciser sa signification physiologique.

M. **Alexandre Bigot** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *La Basse-Normandie. Esquisse géologique et morphologique.*

## CORRESPONDANCE.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur la notion d'équivalence due à Poincaré.* Note de M. **François Châtelet**, présentée par M. Gaston Julia.

1. La recherche des points rationnels (c'est-à-dire à coordonnées rationnelles) sur une courbe, ou plus généralement sur une variété algébrique rationnelle (c'est-à-dire qui peut être définie par une équation, ou un système d'équations algébriques à coefficients rationnels), est un problème diophantien étudié notamment par Poincaré ([1]).

Pour ce problème, il y a intérêt à répartir les courbes, ou les variétés, en classes de variétés *équivalentes au sens diophantien* : je dis que deux variétés sont dans une même classe d'équivalence diophantienne s'il est possible de déduire les points rationnels de (F′) de ceux de (F), et inversement. Ceci est possible quand on connaît une correspondance birationnelle ($\mathcal{R}$) entre (F′) et (F) à coefficients rationnels et sans points critiques; un point M est critique pour ($\mathcal{R}$) s'il existe au moins un point M′ différent de M qui soit transformé par ($\mathcal{R}$), ou par son inverse $(\mathcal{R})^{-1}$, en le même point que M.

---

([5]) *Essai d'interprétation physique de l'excitation électrique*, Paris, 1934, Chap. XIV, p. 239.

([1]) *Journal de Liouville*, 5e série, 7, 1901, pp. 161-233.

Mais une correspondance birationnelle ($\mathcal{R}$) entre deux *courbes* (F′) et (F) admet seulement un *nombre fini* de points critiques; de plus, ces points sont transformés par ($\mathcal{R}$), ou par $(\mathcal{R})^{-1}$, en des points multiples de (F) ou de (F′), donc en des points qu'on sait déterminer facilement à partir des équations de (F), ou de (F′), indépendamment de la détermination et du choix possible de ($\mathcal{R}$). Une correspondance birationnelle, à coefficients rationnels, entre deux courbes (F′) et (F), réalise donc l'équivalence diophantienne de ces courbes, sauf peut-être pour un nombre fini de points qui sont d'ailleurs indépendants du choix de la correspondance envisagée; c'est l'existence d'une telle correspondance qui définit *l'équivalence, au sens de Poincaré*, de (F) et (F′). Ce qui précède montre l'intérêt de cette notion pour le problème énoncé ci-dessus.

2. On ne peut pas étendre des courbes aux variétés la notion précédente en conservant toutes ses propriétés : une correspondance birationnelle entre deux variétés (F′) et (F) admet une infinité de points critiques, sauf si elle est homographique ou si (F′) et (F) sont des courbes. Je me suis borné à conserver la propriété qui conduit au résultat suivant : les points pour lesquels l'équivalence diophantienne n'est pas réalisée sont indépendants du choix de la correspondance qui réalise l'équivalence.

J'appelle *correspondance de Poincaré* entre deux variétés (F′) et (F), une correspondance birationnelle ($\mathcal{R}$) pour laquelle il n'y a aucun ensemble infini de points (rationnels ou non) correspondant dans ($\mathcal{R}$), ou dans $(\mathcal{R})^{-1}$, à un même point. Les points critiques d'une telle correspondance sont nécessairement des points multiples de (F), ou de (F′). *L'équivalence, au sens de Poincaré*, de deux variétés algébriques rationnelles est définie par l'existence d'une correspondance de Poincaré, à coefficients rationnels, entre ces variétés. Toutefois, la connaissance des points rationnels sur une variété algébrique rationnelle ne suffit pas pour obtenir tous les points rationnels sur une variété équivalente; il faut, en outre, chercher les points rationnels sur la variété des points multiples de cette dernière.

3. Ces notions se généralisent facilement au cas de la recherche des points dans un corps P (c'est-à-dire à coordonnées dans P) sur une variété de P (ou variété algébrique à coefficients dans P). L'équivalence P, dans le corps de coefficients P, de deux variétés, est encore définie par l'existence d'une correspondance de Poincaré, à coefficients dans P, entre ces variétés. Le corps P peut être un corps de nombres algébriques fini ou même un corps abstrait quelconque : on peut définir, dans un tel corps, les êtres géométriques classiques, points, variétés, correspondances, notamment les correspondances de Poincaré.

4. Poincaré a montré l'importance de la notion d'équivalence en étudiant les courbes de genre zéro et un; il a notamment précisé un théorème dû à Nœther qui peut s'énoncer :

*Une courbe unicursale rationnelle admet une représentation à coefficients dans un corps quadratique;*
ou encore :

*Une courbe unicursale rationnelle est équivalente soit à une conique, soit à une droite.*

J'ai obtenu un résultat qui généralise le précédent pour des **variétés** de dimension quelconque et dans un corps de coefficient arbitraire.

Si une variété de P admet une représentation de Poincaré de dimension $s$ (à coefficients algébriques par rapport à P), elle admet aussi une telle représentation dans au moins une extension finie de P, dont le degré relatif divise $s+1$.

Ou encore :

Si une variété de P admet une représentation de Poincaré de dimension $s$ (à coefficients algébriques par rapport à P), elle est équivalente dans P à une variété de P qui admet une représentation de Poincaré (à coefficients algébriques par rapport à P) de dimension $s$ et dont le degré divise $s+1$.

Une représentation de Poincaré de dimension $s$ et de degré $d$ d'une variété (F) est une correspondance de Poincaré entre l'hyperespace de dimension $s$ et la variété (F), qui puisse être définie par un système de formules

$$\frac{y_0}{\xi_0(x_0, x_1, \ldots, x_s)} = \frac{y_1}{\xi_1(x_0, x_1, \ldots, x_s)} = \ldots = \frac{y_r}{\xi_r(x_0, x_1, \ldots, x_s)},$$

où $\xi_0, \xi_1, \ldots, \xi_r$ sont des polynomes homogènes, de degré $d$ et premiers entre eux dans leur ensemble, en $x_0, x_1, \ldots, x_s$.

HYDRAULIQUE. — *Méthode générale pour le calcul des chambres d'équilibre dans le cas de systèmes d'amenée complexes.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons étudié les oscillations déterminées dans une chambre d'équilibre, dans une série de cas particuliers susceptibles d'intéresser la technique moderne des usines hydroélectriques, tendant à capter une série de lacs et à drainer les eaux de tout un bassin versant, au bénéfice d'une même usine.

Nous avons ainsi obtenu les résultats suivants :

1° Dans le cas des deux canaux, de sections $f_1, f_2$, de longueurs $L_1, L_2$, de la figure 1, cet ensemble est équivalent à un canal, de section arbitraire $f'$, de longueur $L'$ telle que :

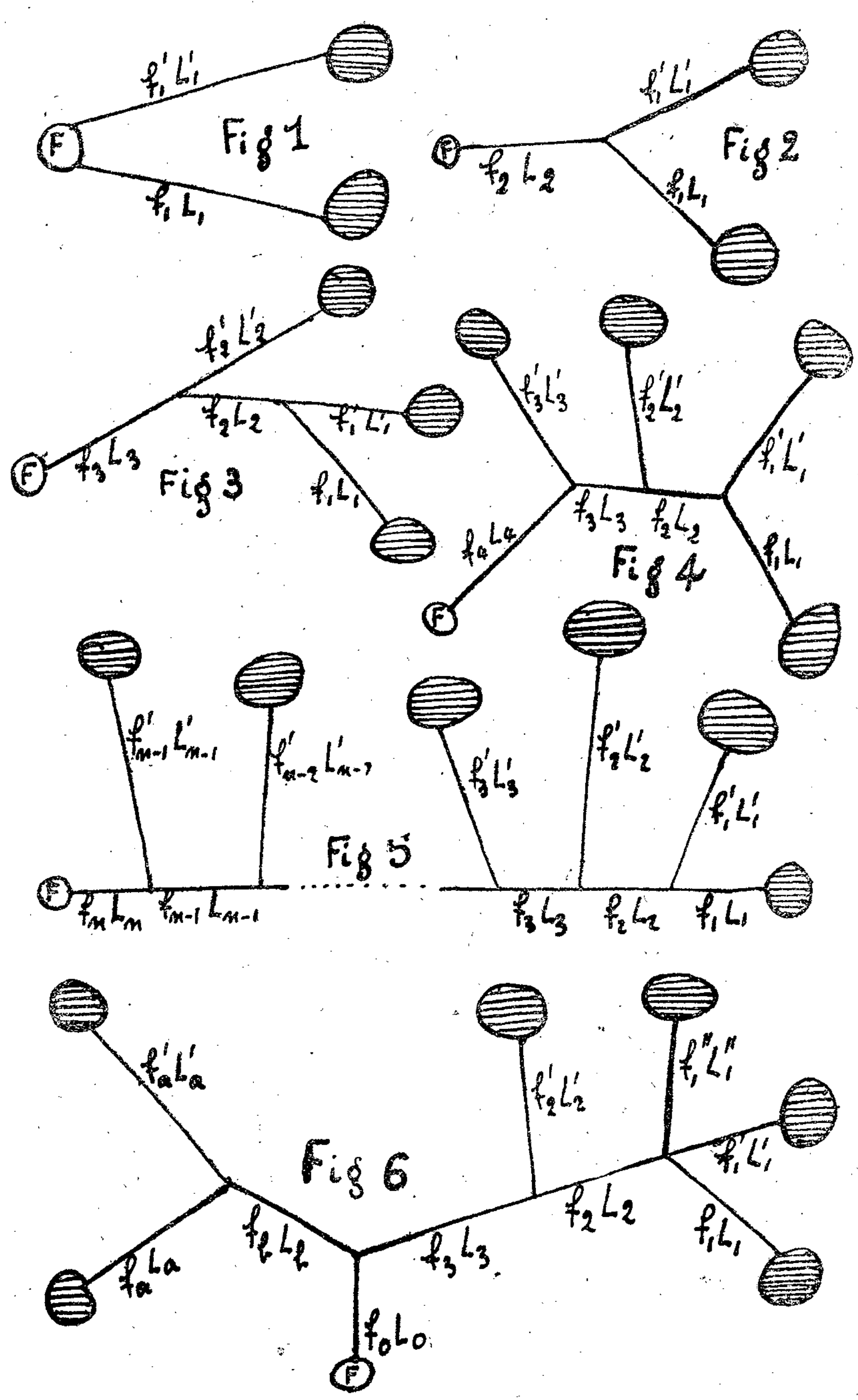
$$\frac{L'}{f'} = \frac{1}{\frac{f'_1}{L'_1} + \frac{f_1}{L_1}}. \tag{1}$$

[1] Séance du 4 janvier 1943.

2° De même, l'ensemble des trois canaux $(f_1, L_1)$, $(f'_1, L'_1)$ et $(f_2, L_2)$ de la figure 2 est équivalent à un canal unique, de section arbitraire $f''$, de longueur $L''$, donnée par

$$\frac{L''}{f''} = \frac{L_2}{f_2} + \frac{1}{\dfrac{f'_1}{L'_1} + \dfrac{f_1}{L_1}} = \frac{L_2}{f_2} + \frac{L'}{f'}, \tag{2}$$

3° L'ensemble du système correspondant aux trois lacs de la figure 3 est




alors équivalent à un canal unique, de section arbitraire $f'''$, de longueur $L'''$ donnée, compte tenu de l'équation (2), par

$$\frac{L'''}{f'''} = \frac{L_3}{f_3} + \frac{1}{\dfrac{f'_2}{L'_2} + \dfrac{f''}{L''}} = \frac{L_3}{f_3} + \frac{1}{\dfrac{f'_2}{L'_2} + \dfrac{1}{\dfrac{L_2}{f_2} + \dfrac{1}{\dfrac{f'_1}{L'_1} + \dfrac{f_1}{L_1}}}}. \tag{3}$$

4° Dans le cas des quatre lacs de la figure 4, l'ensemble du **système** est, de même équivalent à un canal unique, de section arbitraire $f^{\text{IV}}$, longueur $L^{\text{IV}}$, telle que

$$(4)\qquad \frac{L^{\text{IV}}}{f^{\text{IV}}}=\frac{L_4}{f_4}+\cfrac{1}{\frac{f'_3}{L'_3}+\frac{f'''}{L'''}}=\frac{L_4}{f_4}+\cfrac{1}{\frac{f'_3}{L'_3}+\cfrac{1}{\frac{L_3}{f_3}+\cfrac{1}{\frac{f'_2}{L'_2}+\cfrac{1}{\frac{L_2}{f_2}+\cfrac{1}{\frac{f'_1}{L'_1}+\frac{f_1}{L_1}}}}}}.$$

La notion de canal équivalent, ainsi justifiée, s'étend immédiatement au cas d'un canal captant au passage les eaux de *n* lacs (*fig.* 5) : le canal unique équivalent a une section arbitraire $f$ et une longueur L donnée par

$$\frac{L}{f}=\frac{L_n}{f_n}+\cfrac{1}{\frac{f'_{n-1}}{L'_{n-1}}+\cfrac{1}{\frac{L_{n-1}}{f_{n-1}}+\dots+\cfrac{1}{\frac{f'_2}{L'_2}+\cfrac{1}{\frac{L_2}{f_2}+\cfrac{1}{\frac{f'_1}{L'_1}+\frac{f_1}{L_1}}}}}}.$$

On étend immédiatement la méthode aux cas les plus complexes; ainsi dans le cas de la figure 6, on a, pour le canal équivalent, de section $f_e$ delongueur $L_e$

$$\frac{L_e}{f_e}=\frac{L_0}{f_0}+\cfrac{1}{\cfrac{1}{\frac{L_3}{f_3}+\cfrac{1}{\frac{f'_2}{L'_2}+\cfrac{1}{\frac{L_2}{f_2}+\cfrac{1}{\frac{f_1}{L_1}+\frac{f'_1}{L'_1}+\frac{f''_1}{L''_1}}}}}+\cfrac{1}{\frac{L_b}{f_b}+\cfrac{1}{\frac{f'_a}{L'_a}+\frac{f_a}{L_a}}}}.$$

Le problème est ainsi résolu dans le cas le plus général et plus complexe.

On remarque que le canal équivalent se calcule dans tous ces problèmes comme la résistance équivalente au circuit électrique complexe obtenu en remplaçant chaque canal par un conducteur, de même section et de même longueur, tous les conducteurs ayant une résistivité unité.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Représentation d'un système de particules en nombre indéterminé.* Note [1] de M. **Jacques Courtois.**

Comme dans les Notes précédentes [2], [3], il s'agit d'un système de particules identiques à fonction d'onde symétrique. La présente Note s'applique principalement aux *photons*.

---

[1] Séance du 14 décembre 1942.

[2] *Comptes rendus,* 215, 1942, p. 370.

[3] *Ibid.*, 216, 1943, p. 35.

La représentation classique ([4]) d'un tel système dans l'espace de configuration consiste à le compléter par des particules *annihilées*, le nombre total N de particules étant déterminé et très supérieur au nombre de particules pouvant être non annihilées avec une probabilité non négligeable. Les particules annihilées ont une fonction d'onde bien déterminée $\varphi_0$, indépendante de leur position. La fonction d'onde classique du système est

$$\Phi = \S\sqrt{N} \sum_{n_0, n_1, \ldots, n} R(n_0, n_1, \ldots, n_p) \frac{\varphi_0^{n_0}}{\sqrt{n_0!}} \prod_i \left(\frac{\varphi_i^{n_i}}{\sqrt{n_i!}}\right),$$

avec

$$i = 1, 2, \ldots, p, \qquad n_0 + \sum_i n_i = N, \qquad \sum_i n_i \ll N;$$

$n_0$ se déduisant des $n_i$, on peut écrire

$$R(n_0, n_1, \ldots, n_p) = R(n_1, \ldots, n_p).$$

On voit aisément que ce système (débarrassé des particules annihilées) peut être défini par la *forme algébrique*

$$\Psi' = \sum_{n_i} R(n_i) \prod_i \left(\frac{\varphi_i^{n_i}}{\sqrt{n_i!}}\right),$$

où ne figurent ni $\varphi_0$, ni $n_0$, ni N. Cette forme est invariante dans un changement de fonctions de base (non annihilées), possède les mêmes propriétés que la fonction d'onde $\Phi'$ de la Note précédente ([3]), s'identifie avec elle lorsque $\Sigma_i n_i =$ const. C'est d'ailleurs une somme de telles fonctions d'onde $\Phi'_n$ correspondant aux diverses valeurs de $n = \Sigma_i n_i$ ([5]). Notons qu'il y a correspondance biunivoque et linéaire entre $\Phi$, $\Psi'$ et la fonction de répartition relative à tout système de fonctions de base. La même correspondance vaut pour les fonctions propres, ce qui identifie les décompositions spectrales. Les conditions de normalisation se correspondent et, par définition, les fonctions homologues ont même norme $\Sigma_{n_i} |R(n_i)|^2$. On passe simplement de $\Psi'$ à $\Phi$ et réciproquement : N étant infiniment grand, on a en effet

$$\varphi \sim \sum_{n_i} R(n_i) \prod_i \left(\frac{(\varphi_i\sqrt{N})^{n_i}}{\sqrt{n_i!}}\right) \varphi_0^{N - \Sigma_i n_i}.$$

On peut aussi considérer $\Psi'$ comme une *fonction numérique* des coordonnées des particules, et ceci de deux façons différentes.

Si l'on individualise les particules, il faut les prendre en nombre N et écrire

$$\Psi' = \S_N \sum_{n_i} R(n_i) \prod_i \left(\frac{\varphi_i^{n_i}}{\sqrt{n_i!}}\right).$$

---

([4]) P. A. M. Dirac, *Principles of Quantum Mechanics;* L. de Broglie, *Une nouvelle Théorie de la Lumière.*

([5]) Cf. Fock, *Zeits. f. Phys.*, 75, 1932, p. 622.

Sinon, on peut considérer $\Psi'$ comme une fonction des seules particules non annihilées, qui sont en nombre variable. A $n$ particules correspond le terme $\Phi'_n$ affecté de $\S_n$ [c'est-à-dire la fonction d'onde $\Phi'_n$ telle qu'elle a été définie numériquement ([4])]. Ce terme fournit des composantes à $n$ indices. A ce point de vue, et en passant de la notion de composante à celle de coordonnée de spin, $\Psi'$ s'identifie avec la fonction de répartition relative à des fonctions de base de la forme

$$\varphi_{i,\sigma} = \alpha_\sigma \,\delta(\mathrm{M} - \mathrm{M}_i).$$

Revenons au point de vue précédent. Si l'on étend à $\Sigma_i n_i < \mathrm{N}$ la définition du produit symétrique donnée pour les fonctions d'onde avec spin ([4]), on constate que le résultat dépend du système de coordonnées des $\varphi_i$. En leur imposant la condition que $\varphi_0$ ait toutes ses coordonnées égales à $\sqrt{\mathrm{N}}$, on trouve que $\Psi'$ s'identifie avec la fonction d'onde classique. Plus exactement, pour N infiniment grand,

$$\Phi \sim (\sqrt{\mathrm{N}})^{\mathrm{N}}\Psi'.$$

En fait, d'ailleurs, $\Psi'$ intervient plutôt comme forme algébrique. Ce sera le cas dans certaines applications.

PHYSIQUE. — *Représentation d'une courbe expérimentale, dans le cas général, par la condition de moindre imprécision.* Note ([1]) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré ([2]) comment la *condition de moindre imprécision* permettait le calcul d'une courbe théorique passant au mieux à travers les points expérimentaux, lorsque les paramètres étaient linéaires.

Dans le cas général (nous supposerons une courbe théorique à trois paramètres), la courbe a pour équation

$$y = f(x, \mathrm{A}, \mathrm{B}, \mathrm{C}),$$

ce qui conduit à la relation différentielle

$$dy = \frac{\partial f}{\partial \mathrm{A}}\,d\mathrm{A} + \frac{\partial f}{\partial \mathrm{B}}\,d\mathrm{B} + \frac{\partial f}{\partial \mathrm{C}}\,d\mathrm{C}. \tag{2}$$

Un premier examen permet le calcul d'une courbe théorique approximative, où les paramètres ont les valeurs $\mathrm{A}_0$, $\mathrm{B}_0$, $\mathrm{C}_0$, qui ne sont pas les meilleures, et qu'il s'agit de corriger. A cet effet, les variations élémentaires des paramètres devront être liées aux incertitudes ou aux variations $dy_i$ des ordonnées par les formules suivantes, dont les coefficients seront cherchés par la méthode de la

([1]) Séance du 4 janvier 1943.

([2]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 33.

moindre imprécision

$$(3)\qquad \begin{cases} dA = a_1\,dy_1 + a_2\,dy_2 + \ldots, \\ dB = b_1\,dy_1 + b_2\,dy_2 + \ldots, \\ dC = c_1\,dy_1 + c_2\,dy_2 + \ldots. \end{cases}$$

Comme antérieurement (²), pour exprimer le caractère propre de la fonction $f$, nous devons écrire que les équations (2) sont identiquement vérifiées si les points expérimentaux sont exactement sur la courbe (1), c'est-à-dire si les variations des $y$ corrélatives de variations des paramètres satisfont à l'équation (2). Autrement dit, nous devons adjoindre au système (3) les équations

$$(4)\qquad dy_i = \frac{\partial f_i}{\partial A}\,dA + \frac{\partial f_i}{\partial B}\,dB + \frac{\partial f_i}{\partial C}\,dC,$$

les dérivées portant l'indice $i$ étant relatives aux abscisses des divers points expérimentaux. En substituant (4) dans (3), on a trois groupes de 3 identités en $dA$, $dB$, $dC$, qui donnent les équations de condition

$$(\mathrm{I})\ \begin{cases} \sum_i a_i \frac{\partial f_i}{\partial A} = 1, \\ \sum_i a_i \frac{\partial f_i}{\partial B} = 0, \\ \sum_i a_i \frac{\partial f_i}{\partial C} = 0; \end{cases} \qquad (\mathrm{II})\ \begin{cases} \sum_i b_i \frac{\partial f_i}{\partial A} = 0, \\ \sum_i b_i \frac{\partial f_i}{\partial B} = 1, \\ \sum_i b_i \frac{\partial f_i}{\partial C} = 0; \end{cases} \qquad (\mathrm{III})\ \begin{cases} \sum_i c_i \frac{\partial f_i}{\partial A} = 0, \\ \sum_i c_i \frac{\partial f_i}{\partial B} = 0, \\ \sum_i c_i \frac{\partial f_i}{\partial C} = 1. \end{cases}$$

Si, comme c'est le cas ordinaire, le but des expériences était la détermination même des *paramètres* (²), on exprimerait que les coefficients $|a_i|$, $|b_i|$, $|c_i|$, sont minima, compte tenu respectivement des conditions (I), (II), (III).

Si, au contraire, c'était la détermination de la courbe elle-même qui était cherchée, on aurait eu à substituer (3) dans (2), ce qui eut conduit, pour une valeur quelconque $x$ de l'abscisse, à l'équation

$$(5)\qquad dy = \sum_i \left(a_i \frac{\partial f}{\partial A} + b_i \frac{\partial f}{\partial B} + c_i \frac{\partial f}{\partial C}\right) dy_i,$$

les $a_i$, les $b_i$, les $c_i$ étant toujours liés par les équations (I), (II) et (III). On écrit alors que les plus grandes valeurs, en fonction de $x$, dans l'intervalle expérimental, des $\left|a_i \frac{\partial f}{\partial A} + b_i \frac{\partial f}{\partial B} + c_i \frac{\partial f}{\partial C}\right|$ sont minima. (Ce qui conduit d'ailleurs, en général, à un problème pratiquement inextricable.)

Il faut, dans tous les cas, éviter une grave cause d'*erreur*. Nous avons vu (²) que, lorsque les paramètres étaient linéaires, des considérations de symétrie pouvaient réduire le nombre des coefficients distincts $a$, $b$ ou $c$. Ici, où les coefficients dépendent eux-mêmes des $y_i$, c'est sur les ensembles $(a_i\,dy_i)$, et non

plus seulement sur les $dy_i$, que portent les symétries, et par suite, en général, on ne peut réduire le nombre des coefficients distincts.

Les coefficients $a_i$, $b_i$ et $c_i$ étant déterminés, on calcule les valeurs $(y_i)_0$ qui correspondent, pour chaque abscisse, aux valeurs approchées $A_0$, $B_0$, $C_0$, des paramètres, et l'on forme les différences $[y_i-(y_i)_0]$. Ce sont les $dy_i$ que l'on fait entrer dans les formules (3) pour calculer les valeurs corrigées des paramètres. On peut appliquer la méthode *plusieurs* fois de suite.

Les trois équations sont, dans chacun des groupes (I), (II), (III), assez voisines l'une de l'autre, et elles ne peuvent, par suite, se prêter à des calculs pratiques précis sans stylisation.

Esquissons cette *stylisation* dans le cas où la fonction (1) s'écrit $[C+Bg(Ax)]$. Posons

$$\varphi_i=\frac{g(A_i)-g(0)}{A f'(0)}\sim i+\frac{A}{2}\cdot\frac{f''(0)}{f'(0)}i^2,$$

$$\psi_i=2\,\frac{A_i g'(A_i)-g(A_i)+g(0)}{A^2 g''(0)}\sim i^2+\frac{2A}{3}\,\frac{g'''(0)}{g''(0)}i^3.$$

Les systèmes (I), (II), (III) prennent la forme (il y a $2N+1$ ordonnées)

$$(\mathrm{I}^{bis})\left\{\begin{aligned}\sum_{-N}^{N}a_i&=0,\\ \sum_{-N}^{N}a_i\varphi_i&=0,\\ ABf(0)\sum_{-N}^{N}a_i\psi_i&=2;\end{aligned}\right.\qquad (\mathrm{II}^{bis})\left\{\begin{aligned}\sum_{-N}^{N}b_i&=0,\\ A\,f'(0)\sum_{-N}^{N}b_i\varphi_i&=1,\\ A^2f''(0)\sum_{-N}^{N}b_i\psi_i&=-2;\end{aligned}\right.\qquad (\mathrm{III}^{bis})\left\{\begin{aligned}\sum_{-N}^{N}c_i&=1,\\ A\,f'(0)\sum_{-N}^{N}c_i\varphi_i&=-f(0),\\ A^2f''(0)\sum_{-N}^{N}c_i\psi_i&=2f(0).\end{aligned}\right.$$

On peut en fait remplacer $\varphi$ et $\psi$ par leurs valeurs approchées indiquées.

Nous indiquerons ailleurs la solution de ces systèmes. Ils sont numériquement voisins du système

$$\sum_{-N}^{N}x_i=0,\qquad \sum_{-N}^{N}i\,x_i=0,\qquad \sum_{-N}^{N}i^2x_i=1.$$

OPTIQUE. — *Variations de phase par réflexion normale sur des couches de chrome très minces obtenues par vaporisation thermique.* Note de M. **Marcel Perrot**, transmise par M. Charles Fabry.

J'ai déjà décrit le procédé qui permet d'obtenir des lames très minces de chrome par vaporisation thermique, à partir d'un fil de tungstène chromé électrolytiquement.

De telles projections, nécessitant une haute température du fil, sont assez délicates à obtenir. Elles exigent un bon vide et semblent ne pouvoir s'effectuer convenablement que sous une pression inférieure à $10^{-4}$ mm de mercure; au-dessus de cette pression les films projetés, pour une épaisseur de l'ordre de $40^{m\mu}$, présentent des colorations indiquant une altération.

D'autre part la vaporisation du chrome commence à une température telle que l'on est obligé de prendre de grandes précautions pour empêcher la fusion

du filament support. Il est fort probable que l'abaissement du point de fusion du tungstène est dû à la formation d'un alliage chrome-tungstène qui gagne la masse du fil. La surface de vaporisation doit rester brillante après une opération bien conduite.

Les films transparents normaux sont très gris, légèrement rosés et présentent par réflexion l'apparence des lames métalliques. Ils sont déposés sur une lame de quartz à faces planes et parallèles optiquement travaillée. Ils sont très adhérents au support et ne peuvent être convenablement enlevés que par un mélange concentré de potasse et de permanganate de potassium.

J'ai obtenu sur la même lame de quartz des épaisseurs différentes soit en effectuant des projections successives juxtaposées, soit en décentrant légèrement la lame par rapport au fil, ce qui permet d'avoir une couche métallique en forme de coin d'épaisseur lentement variable. En métallisant simultanément deux lamelles couvre-objet de microscope, on peut obtenir les épaisseurs maxima et minima de la couche après pesées des lamelles à la microbalance. On étudie ensuite par le montage habituel (¹) et selon des méthodes déjà exposées (²) la lame métallisée sur laquelle, à l'aide d'un cache, on a supprimé le métal sur une étroite bande.

Quand on passe de la réflexion quartz-air à la réflexion quartz-métal, il se produit un changement de phase, que j'ai déterminé pour quatre radiations de l'arc au mercure.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant qui contient également les valeurs calculées des variations de phase à partir des constantes $\nu = 3,56$, $\varkappa = 4,6$ du métal massif pour $\lambda\, 5780$ Å.

| Valeurs expérimentales. | | | | | Valeurs théoriques. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| É. en mμ. | λ 4046 Å. | 4358 Å. | 5461 Å. | 5780 Å. | É. en mμ. | λ 5780 Å. |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3,5 | −0,06 | −0,07 | −0,05 | −0,04 | 1 | 0,099 |
| 7 | −0,20 | −0,20 | −0,19 | −0,17 | 2 | 0,332 |
| 9 | −0,37 | −0,35 | −0,30 | −0,30 | 5 | 0,439 |
| 13,4 | −0,48 | −0,45 | −0,44 | −0,41 | 10 | 0,451 |
| 15 | −0,50 | −0,50 | −0,47 | −0,44 | 15 | 0,450 |
| 17 | 0,48 | 0,48 | −0,50 | −0,50 | 19,8 | 0,447 |
| 18 | 0,50 | 0,51 | −0,44 | −0,45 | 25 | 0,443 |
| 21 | 0,46 | 0,47 | 0,51 | 0,51 | 39,6 | 0,434 |
| 23 | 0,43 | 0,47 | 0,49 | 0,50 | | 0,432 |
| 24,6 | 0,42 | 0,45 | 0,47 | 0,47 | | |
| 35,1 | 0,38 | 0,39 | 0,39 | 0,42 | | |
| 51,2 | 0,39 | 0,40 | 0,40 | 0,39 | | |
| 59 | 0,41 | 0,40 | 0,38 | 0,41 | | |

É, épaisseurs en mμ. — Les retards sont indiqués par le signe —, les avances n'ont pas de signe.

(¹) Buisson et Fabry, *Journal de Physique*, 4ᵉ série, 7, 1908, p. 424.
(²) Rouard, *Ann. de Physique*, 7, 1937, p. 291.

Alors que la variation de phase calculée est toujours une avance, la variation de phase expérimentale est un retard pour les très faibles épaisseurs. Il se produit donc un saut de phase de $2\pi$ (3) au voisinage d'une certaine épaisseur que j'ai située entre 15 et $20^{m\mu}$.

Ce fait est dû à la grande variation des constantes optiques et en particulier à la forte diminution de l'indice d'extinction pour les très faibles épaisseurs.

RAYONS X. — *Étude de quelques charbons par la diffusion des rayons* X *sous très petits angles.* Note de MM. **Henry Brusset**, **Jean Devaux** et **André Guinier**.

Quelques auteurs ont étudié les diagrammes de diffraction de rayons X fournis par les combustibles minéraux solides. Ils ont trouvé, pour la plupart des échantillons, un diagramme de corps amorphe comportant deux anneaux principaux qui sont sensiblement à la place des premières raies de diffraction données par le graphite. Divers acides humiques, tirés de lignites jeunes, ont donné les mêmes anneaux (1). On en a déduit que les charbons amorphes étaient constitués de particules où l'arrangement des atomes de carbone était celui d'un cristal de graphite; l'aspect diffus des anneaux obtenus à la place des raies serait dû à la petite taille des cristallites élémentaires dont les dimensions ont été calculées par ces auteurs, à partir de la largeur de l'anneau.

Mais les diagrammes des divers charbons comportent, en plus des anneaux, une tache de diffusion au voisinage immédiat du faisceau direct. Or l'un de nous (2) a montré que l'existence d'une telle diffusion centrale est la caractéristique d'un état dispersé de la matière, et comment on en peut déduire des données sur la taille des particules élémentaires. Si l'on désigne par I l'intensité diffusée sous l'angle $\varepsilon$, dans le cas des agrégats très peu denses de particules à peu près semblables, la courbe ($\log I$, $\varepsilon^2$) tend, pour les petites valeurs de $\varepsilon$, vers une droite dont la pente permet de calculer un nombre caractérisant la grandeur de la particule, le *rayon de giration*.

Cette méthode donne la dimension de la particule, quel que soit l'arrangement des atomes au sein de celle-ci, qu'elle soit à l'état amorphe ou cristallisé. La micelle qu'elle définit est donc le grain à l'intérieur duquel la densité électronique est différente de la densité du milieu ambiant. Au contraire, le cristallite déterminé par la largeur des raies de diffraction est le domaine dans lequel les atomes occupent les nœuds d'un réseau cristallin unique. La méthode

(3) Rouard, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1294; *Cahiers de Physique*, **1**, 1941, p. 25.

(1) J. Sedletzkyet Kunowsky, *Kolloïd Z.*, **73**, 1935, p. 90; R. Jodl Brennstoff, *Chem.*, **22**, 1941, pp. 157 et 217; **23**, 1942, p. 259.

(2) A. Guinier, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1641; *Annales de Physique*, **12**, 1939, p. 161.

de la diffusion centrale fait donc apparaître les grains ayant une individualité physique, sans tenir compte de la constitution interne de celui-ci, qui peut être formé d'un agrégat de cristallites ou encore d'une matière amorphe.

Nous avons employé le dispositif expérimental déjà décrit par l'un de nous. Nous observions la diffusion jusqu'à un angle de 20′; le rayonnement utilisé était la raie CuK$\alpha$. Nos premières expériences ont donné les résultats suivants :

1° Les divers lignites produisent tous une tache de diffusion centrale, sauf un échantillon de lignite italien à cassure conchoïdale mate noire et ressemblant à de la poix solide. La diffusion observée montre que les autres échantillons (lignite jeune terreux humique d'Hostens, lignites plus évolués de La Serre et de Valdonne, lignite brillant de Montcombrou) contiennent des micelles colloïdales de tailles variées. Quand on compare les diffusions produites par un même lignite avant et après enlèvement du bitume, on trouve la même courbe de répartition des intensités diffusées en fonction de l'angle, mais des valeurs absolues plus élevées dans le second cas. On en déduit que le bitume est intermicellaire, puisque la disparition du bitume augmente la différence de densité électronique entre la micelle humique et le milieu environnant, sans faire varier sa taille.

La courbe ($\log I, \varepsilon^2$) tend vers une droite pour les petits angles de diffusion; le *rayon de giration*, pour la particule moyenne, a les valeurs suivantes : lignite de Hostens 43 Å, de Valdonne 47 Å, de Montcombrou 54 Å, de La Serre 61 Å. La demi-distillation du lignite de Montcombrou ne modifie pas sensiblement la tache de diffusion centrale, donc n'a pas changé la structure micellaire.

2° Sur des échantillons d'un anthracite, d'une houille maigre et d'une houille flambante, cette méthode a également montré la présence d'une dispersion micellaire. La répartition des intensités diffusées, identique pour tous, est aussi celle obtenue avec le lignite de Montcombrou.

3° Nous avons préparé des produits humiques à partir du lignite d'Hostens qui contient une importante partie humique soluble dans les bases ([3]). Nous avons trouvé, pour les acides humiques extraits, une courbe de diffusion très semblable à celle du lignite d'Hostens, sauf peut-être vers le pourtour de la tache de diffusion. On retrouve donc, dans ces acides, les mêmes particules que dans le lignite, ce qui confirme la nature humique des micelles mises en évidence dans les lignites.

4° Tandis que l'humate d'ammonium sec extrait du lignite d'Hostens est dans un état micellaire à particules de grandeur très variée, une solution aqueuse de ce sel ainsi qu'une solution de l'humate de sodium ne donnent aucune diffusion centrale. Ce sont donc de vraies solutions, ce qui concorde

---

([3]) H. Brusset, *Les constituants chimiques du lignite,* Conférence faite à la Soc. Chim. de France, mai 1942 (*sous presse*).

avec les faibles valeurs des poids moléculaires trouvées par d'autres auteurs.

5° L'étude de divers charbons actifs et du même charbon avant activation montre que la tache de diffusion centrale varie considérablement avec le traitement subi. L'activation a pour effet d'amener le charbon à un état très divisé que l'étude de la diffusion centrale permet de caractériser quantitativement.

En résumé, pour les différentes sortes de charbons, les diagrammes de diffraction ordinaire de rayons X sont très semblables, ce qui prouve que l'arrangement à petite distance des atomes de carbone est à peu près constant. Au contraire, les différences qui existent dans les taches de diffusion centrale montrent que l'état micellaire de la matière varie dans de larges limites. La détermination de cet état constitue un nouveau facteur physicochimique caractéristique de ces substances. Nous avons pu, en l'utilisant, montrer directement l'état colloïdal et micellaire d'une partie importante de la substance des charbons minéraux.

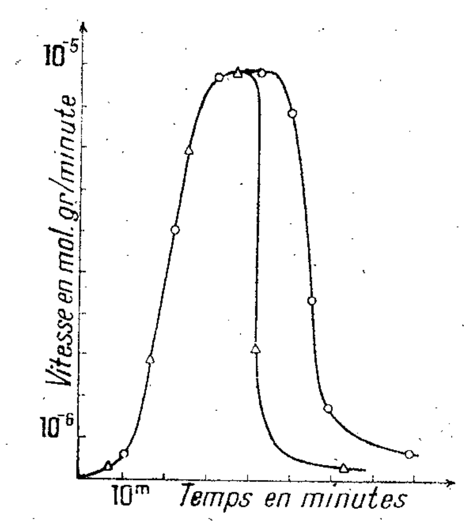
PHOTOCHIMIE. — *Étude expérimentale de la période d'induction présentée par la photolyse des azotures alcalins en solutions aqueuses.* Note de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Jacques Duclaux.

J'ai déjà signalé ([1]) que, soumises au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure à basse pression (2537 Å), les solutions aqueuses d'azotures alcalins se décomposent. Il est facile de suivre la photolyse par des mesures de pH. On constate que les courbes qui donnent la vitesse de décomposition en fonction du temps présentent une longue période d'induction

Dans le but de déterminer les causes de cette induction, j'ai tout d'abord étudié le rôle des produits de réaction. Pour cela, j'ai soumis une solution d'azoture N/1000 à l'influence du rayonnement jusqu'à décomposition totale. Le liquide obtenu, dilué 20 fois, était alors utilisé pour préparer une nouvelle solution N/1000 en azoture. Celle-ci contenait donc des produits finaux de réaction à une concentration incontestablement très supérieure à celle qui existe pendant la période de latence dans les conditions habituelles; malgré cela la période d'induction présentée par cette dernière solution n'a été en aucune manière différente de celle que l'on obtient d'habitude. Si les produits finaux de la réaction sont ainsi sans effet sur la période de latence, on pourrait supposer que celle-ci serait due à l'action de molécules M hypothétiques, apparaissant en petite quantité au début de la photolyse, puis se décomposant par la suite et qui provoqueraient, par exemple, une rupture des chaînes. Dans le but de vérifier cette hypothèse, les mesures suivantes ont été faites :

([1]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 52.

Une solution N/2000 d'azoture est soumise à l'influence du rayonnement pendant 5 minutes (temps inférieur à la durée de la période de latence) puis, sans arrêter l'irradiation, par addition d'une solution concentrée d'azoture, la concentration est portée à N/1000. Le liquide qui, de cette manière, doit




contenir une certaine quantité de molécules M, si elles existent, ne présente cependant aucune différence au point de vue de la vitesse de réaction avec les solutions faites dans les conditions habituelles.

Ces deux expériences établissent donc que les produits de réaction, quels qu'ils soient, n'ont aucune action sur la période d'induction.

On a d'autre part déterminé l'absorption ([2]) optique des solutions précédentes préalablement irradiées en choisissant les durées d'irradiation inférieures à celle de la période d'induction. On constate alors que l'absorption (entre 2400 et 2600 Å) augmente d'autant plus que la durée d'irradiation est elle-même plus longue ([3]). Si l'on porte en abscisses le temps $t$ et le coefficient d'absorption $K_\lambda$ correspondant à une longueur d'onde $\lambda$ en ordonnées, on obtient des courbes $K_\lambda = f(t)$ qui présentent au voisinage de l'origine l'allure de paraboles tangentes à l'axe des temps, puis qui s'incurvent vers les grandes valeurs de $t$. Ces mesures, refaites à des instants différents, conduisent à des résultats différents.

Si l'on prend pour origine des temps l'instant qui correspond à la fin de l'irradiation, les coefficients d'absorption $K_\lambda$ décroissent avec le temps en l'absence de rayonnement et tendent vers les valeurs qu'ils ont quand la solution n'a pas été irradiée. Cette décroissance suit la loi

$$K_\lambda = a_\lambda e^{-\nu t} + H_\lambda, \tag{1}$$

où $a_\lambda$ représente l'accroissement du coefficient d'absorption au temps $t = O$, $H_\lambda$ le coefficient d'absorption de la solution non irradiée et $\nu$ une constante; les

([2]) Les mesures d'absorption ont été faites par la méthode photoélectrique avec des cellules à CuI semblables aux compteurs à CuI dont j'ai déjà parlé dans une précédente Note [*loc. cit.* ([1])].

([3]) L'augmentation maxima de $K_\lambda$ se produit pour 2500 Å.

durées d'irradiation étant inférieures à celle de la période d'induction, la quantité de produits secondaires formée est infime et ne peut être la cause des variations observées. Cela conduit donc à penser qu'elles relèvent de l'existence d'une forme particulière de l'ion $(\overline{N}^3):(\overline{N}^3)'$ plus absorbante que la forme normale. Si la loi de Beer s'applique, $a_\lambda e^{-\nu t}$ est proportionnel à la concentration de $(\overline{N}^3)'$. Par suite la détermination de la constante $\nu$ de la formule (1) permet de connaître la vie moyenne $\tau$ de $(\overline{N}^3)'$ suivant la formule $\tau = 1/\nu$. On obtient ainsi $\tau = 5$ minutes. On peut alors penser que la période de latence serait due au fait qu'avant de se décomposer sous l'action du rayonnement ultraviolet, l'ion $(\overline{N}^3)$ subirait, sous l'influence de celui-ci, une transformation qui l'amènerait à une forme $(\overline{N}^3)'$ plus absorbante et directement décomposable.

D'autre part, quand on traite mathématiquement les hypothèses précédentes, on trouve que les courbes $v = \varphi(t)$ qui donnent la vitesse de photolyse en fonction du temps doivent présenter une période de latence même dans le cas où la formation de $(\overline{N}^3)'$ ne donne lieu à aucune induction.

On peut donc conclure que la période de latence présentée par la photolyse des azotures alcalins est due :

1° au fait que la décomposition de $(\overline{N}^3)$ se fait par l'intermédiaire de $(\overline{N}^3)'$;

2° à ce que la formation de $(\overline{N}^3)'$ donne lieu également à une induction [4].

Par ailleurs, l'hypothèse précédente explique les très faibles valeurs du rendement quantique observées au début de la décomposition, la presque totalité de la lumière absorbée étant utilisée, à ce moment, à la transformation des $(\overline{N}^3)$ en $(\overline{N}^3)'$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur la solubilité du carbonate de lithium.* Note de M<sup></sup>lle **Lucienne Lagarde**, transmise par M. Charles Fabry.

Mes recherches sur les bicarbonates [1] m'ont amenée à rechercher comment varie la solubilité de $CO^3Li^2$ en présence de quantités variables d'ions $Li^+$ et $CO^{3--}$, étude qui n'a jamais été faite jusqu'ici.

On devait vérifier, en vertu de la loi du produit de solubilité, qu'au moins pour les solutions très diluées on a $[CO^{3--}][Li^+]^2 = P$.

J'ai étudié d'abord l'influence des ions $Li^+$ en introduisant dans la solution des quantités connues de LiCl, puis celle des ions $CO^{3--}$ en ajoutant dans la solution du $CO^3Na^2$. Ces expériences ont été faites soit à 25°, soit à 0°.

---

(4) L'existence de cette induction est indiquée par l'allure des courbes $k_\lambda = f(t)$ au voisinage de l'origine.

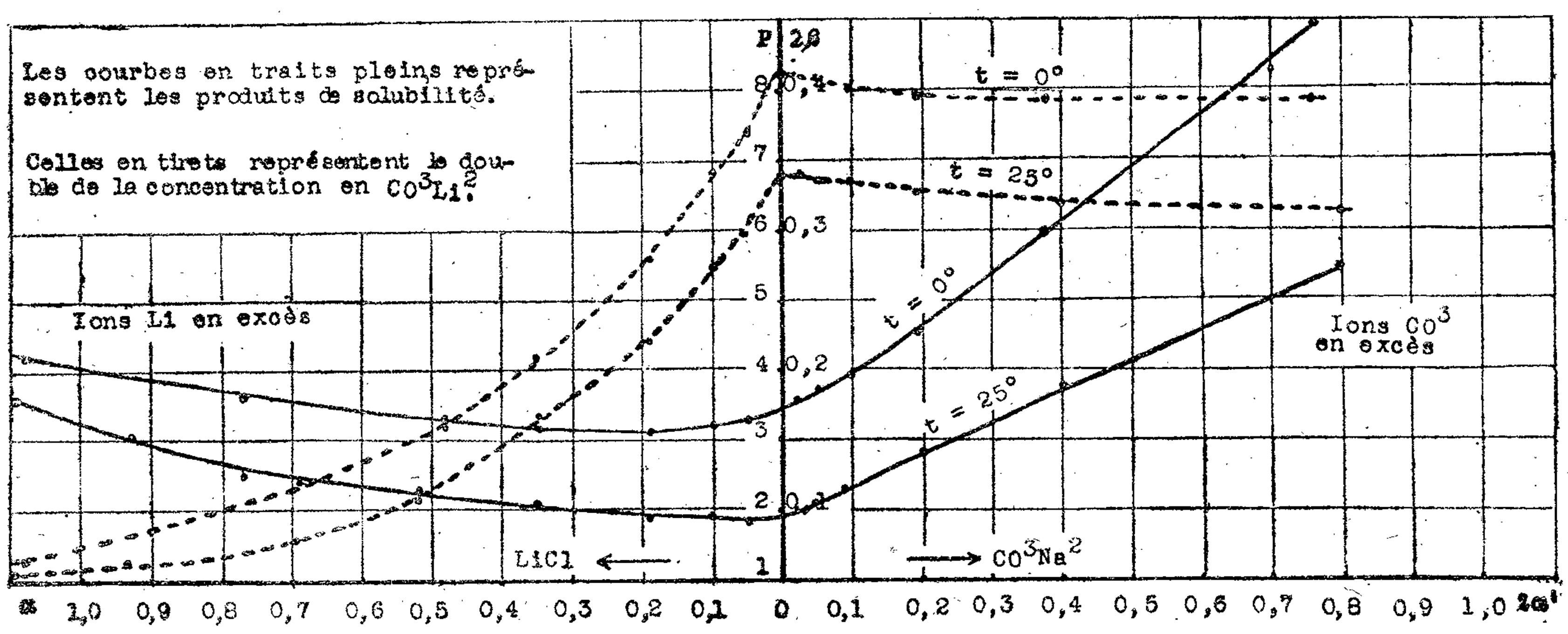
(1) *Comptes rendus des Travaux de la Faculté des Sciences de Marseille*, **1**, 1941, p. 1.

I. Produit de solubilité de $CO^3Li^2$ en présence de LiCl.

Les solutions de LiCl utilisées contenaient un nombre $\alpha$ d'atomes de lithium au litre, variant de 0 à 2. Dans ces diverses liqueurs on met un excès de $CO^3Li^2$ et on agite fréquemment. Ce sel ainsi dissous est déterminé par dosage à l'aide d'acide sulfurique titré. Soit $\beta$ le nombre de molécules de $CO^3Li^2$ trouvé dans 1¹ de solution; le nombre d'atomes de lithium total est $\alpha + 2\beta$. On a alors $P = \beta(\alpha + 2\beta)^2$.

On fait des dosages successifs pour une même solution, afin de constater si la saturation en $CO^3Li^2$ est bien obtenue. Le résultat est pratiquement atteint après 24 heures.

Les courbes ci-dessous représentent les résultats des différentes expériences.




*Expériences faites à* 25°. — Il était à craindre qu'en saturant la solution de LiCl par $CO^3Li^2$, on ne reste en deçà de la saturation. Pour éviter cette erreur et opérer avec des solutions de concentrations décroissantes en $CO^3Li^2$, on est également parti d'une solution saturée de ce sel, qui, par addition de LiCl, devient sursaturée. Une expérience faite à 25° pour une concentration de 0,193 atome de lithium au litre, donne comme valeur minimum pour le produit de solubilité $2,03 \times 10^{-2}$. La valeur maximum mentionnée sur la courbe pour une solution de même concentration en LiCl est $1,91 . 10^{-2}$. Il y a un écart de 6 % entre ces deux nombres, dû à la difficulté de précipiter l'excès de $CO^3Li^2$ de ses solutions sursaturées. Les valeurs du produit de solubilité sont donc sensiblement analogues, que l'on parte d'une solution non saturée ou sursaturée en $CO^3Li^2$.

*Expériences faites à* 0°. — Les résultats sont consignés sur la même figure. On voit que P augmente par refroidissement; la solubilité du $CO^3Li^2$ diminue en effet quand la température s'élève.

II. Produit de solubilité de $CO^3Li^2$ en présence de $CO^3Na^2$.

Les solutions de $CO^3Na^2$ utilisées contenaient un nombre $\alpha'$ d'ions $CO^{3--}$. Après addition de $CO^3Li^2$ en excès et agitation, on dose dans la liqueur filtrée l'alcali total, d'où l'on déduit $CO^3Li^2$, soit $\beta'$.

Le produit de solubilité P est égal à $P = (\alpha' + \beta')(2\beta')^2$.

Ces résultats ont été recoupés comme pour LiCl en partant d'une solution saturée de $CO^3Li^2$ qui, par addition de $CO^3Na^2$, devient sursaturée. Pour une concentration en $CO^3Na^2$ de 0,10 molécule au litre, le produit de solubilité minimum à partir d'une solution sursaturée à 25°, a pour valeur $3{,}00 . 10^{-2}$; la valeur maximum à 25° à partir d'une solution non saturée en $CO^3Li^2$ est $2{,}86 . 10^{-2}$; l'écart n'est ici que de 4,6 %.

*Conclusion.* — Les deux courbes montrent la variation du produit de solubilité à 0° et 25° par addition soit d'ions $Li^+$, soit d'ions $CO^3$. L'addition d'ions $Li^+$ donne, dans une marge assez large, un produit de solubilité relativement constant; à 0°, quand le nombre total d'atomes de lithium varie de 0,413 à 0,871, P varie alors de 3,15 à 3,72, soit un écart de 18 % environ. Ce dernier est ramené à 12 % si l'on réduit la variation de la concentration de 0,413 à 0,756. Ainsi, par addition de LiCl, la solubilité de $CO^3Li^2$ diminue d'une manière très importante, puisqu'elle passe de 0,206 molécule pour 0,413 atome de lithium total, à 0,049 pour 0,80 atome de lithium total, soit 1/5 de la quantité primitive. On remarquera l'existence d'un minimum pour une concentration primitive de 0,473 atome de Li total à 0° et 0,360 à 25°, P étant alors égal respectivement à $3{,}15 . 10^{-2}$ et $1{,}83 . 10^{-2}$.

L'addition d'ions $CO^{3--}$ influence beaucoup moins la solubilité du $CO^3Li^2$; ceci est normal, puisque la concentration de l'ion Li intervient dans l'expression de P par son carré. La solubilité varie peu quand la concentration en $CO^3Na^2$ augmente; pour les concentrations supérieures à une demi-molécule, la variation est du même ordre de grandeur que l'approximation des mesures; le produit de solubilité n'est constant que pour des concentrations plus faibles : quand la concentration en $CO^3Na^2$ ajouté varie de 0 à 0,5 molécule, P varie de $1{,}96 \times 10^{-2}$ à $2{,}18 \times 10^{-2}$, soit seulement un écart de 10 %. Dans ces deux branches de courbe on ne constate pas de minimum de produit de solubilité, comme dans le cas où l'on ajoute un excès d'ions Li.

Les courbes ne présentent donc pas d'axe de symétrie.

## GÉOLOGIE. — *L'Acadien et l'Ordovicien de l'Anti-Atlas.*

Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai déjà indiqué [1], d'une part les puissances des différents termes de la série primaire du Sud Marocain, d'autre part les phases successives de la transgression géorgienne qui se termine par les schistes à *Protolenus* et des grès. A la fin du Géorgien, la mer s'étale vers l'Est sur une grande partie du Djebel Saghro. Plus loin le Géorgien n'est représenté que par des grès et

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 445; 216, 1943, p. 69.

conglomérats de faible puissance et d'aspect continental, ainsi que par des coulées de rhyolites.

La transgression continue à l'Acadien. La mer s'étale sur tout l'Anti-Atlas et le Tafilalet, ainsi que sur la chaîne d'Ougarta. Les dépôts ne dépassent pas, cependant, le synclinal de Tindouf et sont inconnus sur le flanc nord du massif d'Yetti.

Les deux termes de l'Acadien, schistes verts à *Paradoxides* et grès et psammites à *Conocephalites*, sont particulièrement constants depuis l'Océan, où le second est représenté par les grès ferrugineux d'Assaka (région de Tiznit) et les grès verts de Goulimine, jusqu'au Tafilalet.

Leur paléogéographie est dominée par une brusque augmentation de l'épaisseur des grès au détriment des schistes, à partir de la transversale Alougoum-Tifernine. De nombreux niveaux de grès apparaissent ici dans la partie supérieure des schistes. Ils augmentent progressivement de puissance, et se fondent, aux environs d'Agdz, en une masse unique. On constate en même temps la disparition des psammites et le développement de quartzites blancs.

Plus bas dans la série, d'autres grès apparaissent au milieu des schistes dans la région d'Akka-Taghjicht. On peut les suivre jusqu'à Goulimine, où ils sont représentés par un banc de quartzites blancs. Comme pour le Géorgien, la puissance de la série diminue vers l'Est.

A l'Ordovicien, la transgression continue à se manifester : non seulement le Sud Marocain et la chaîne d'Ougarta sont submergés, mais la mer occupe aussi le synclinal de Tindouf et ses dépôts apparaissent localement sur la bordure du massif d'Yetti.

L'Acadien est suivi par des schistes ordoviciens, qui ressemblent beaucoup aux schistes à *Paradoxides* et qui sont couronnés par la puissante corniche des quartzites du Bani. Des *Ogygia*, découverts par J. Bondon dans ces schistes au Nord d'Agdz, indiquent la présence des niveaux inférieurs de l'Ordovicien. Par contre, le grès de la série, ainsi que les quartzites du Bani, sont du Llandeilo.

Par opposition à la monotonie des schistes, les quartzites du Bani accusent des changements de faciès importants de l'Ouest à l'Est. Cette série est très régulière jusqu'à Agadir-Tissint, où une intercalation schisteuse apparaît vers son milieu, pour se développer progressivement vers l'Est et diviser le Bani en deux chaînes parallèles : le Bani proprement dit et la chaîne de Beni Selmane (Ktaoua). Plus à l'Est, des lentilles gréseuses intercalaires se montrent même entre ces deux rides (Takkat n'Aït Allouane). De même des paquets de schistes peuvent se développer au milieu des grès de Beni Selmane (Massif de M'Semmes).

Le premier Bani se fond au milieu des schistes et de grès schisteux, un peu

avant Alnif, sous forme de grès ferrugineux (²). Au delà, seul le deuxième Bani forme l'ossature des reliefs ordoviciens.

La puissance de l'Ordovicien diminue progressivement vers le Nord-Est; elle semble rester constante vers le Sud-Est, où, cependant, le faciès gréseux se substitue bientôt au faciès schisteux (grès d'Ougarta).

Au Sud, en bordure de l'Yetti, on retrouve localement les deux complexes; mais la série n'a plus guère que 150 à 200$^m$ au maximum (Oumat el Lham). Par places, les schistes disparaissent et les grès reposent directement sur les granits (Oumat Cheggag). Dans d'autres endroits enfin (piste Tindouf-Bir Moghrein), le premier terme sédimentaire est le Gothlandien.

On sait que le maximum de la transgression est atteint au Gothlandien. A ce moment, les schistes à Graptolithes recouvrent le massif d'Yetti et s'avancent jusqu'aux Tassilis du Hoggar.

NEUROLOGIE. — *Retentissement sur l'ensemble du neurone d'effets localisés au corps cellulaire (péricaryone).* Note de M$^{me}$ **Berthe Chauchard** et M. **Paul Chauchard**, présentée par M. Louis Lapicque.

Nous avons observé au cours de recherches antérieures (¹), que les modifications de chronaxie des zones motrices du cortex cérébral s'accompagnent d'une variation parallèle et de même sens de la chronaxie des nerfs moteurs périphériques correspondants; ce dernier changement n'est que le retentissement du processus central, car il disparaît après séparation du nerf d'avec les centres. Il s'agit d'un phénomène de subordination (L. et M. Lapicque). D'autre part, M. Lapicque avait constaté (²) que l'injection d'une certaine dose de strychnine qui abaisse la chronaxie d'un nerf relié aux centres, est insuffisante pour exercer cet effet sur le nerf sectionné.

Nous nous sommes demandé si une action localisée aux centres situés à l'origine d'un nerf provoquerait un tel retentissement. En appliquant de la nicotine à faible concentration sur la moelle dans la région des origines du splanchnique (9$^e$ vertèbre thoracique), nous avons obtenu (³) à distance sur les fibres préganglionnaires contenues dans le tronc du nerf au niveau de l'abdomen, une augmentation de chronaxie, disparaissant par section du nerf entre la moelle et le point de mesure. On pouvait émettre l'hypothèse que ce retentissement dépendait d'une action s'exerçant sur le corps du neurone péri-

(²) Communication orale de M. L. Clariond.

(¹) Bibliographie complète dans P. Chauchard, *Revue Scient.*, **79**, 1941, p. 620.

(²) *C. R. Soc. Biol.*, **111**, 1932, p. 957.

(³) A., B. et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, p. 382.

phérique. Mais, étant donnée la complexité structurale de la moelle, l'empoisonnement avait pu mettre en jeu des neurones intracentraux.

Sur les conseils de M. L. Lapicque, nous avons repris cette étude en nous adressant au ganglion spinal, formation bien plus simple renfermant les péricaryones des neurones sensitifs. Nos expériences ont été faites sur le Chien chloralosé, le ganglion spinal mis à nu. Les mesures de chronaxie ont été effectuées, soit sur la racine sensitive, soit sur les fibres sensitives du nerf périphérique, le nerf intercostal correspondant, chargé sur deux électrodes d'argent distantes de $1^{cm}$, loin du ganglion ($10^{cm}$ environ). On provoquait ainsi un réflexe d'abaissement de la côte, réflexe qui répond à l'excitation unique du nerf sensitif, la chronaxie sensitive normale étant de 0,26 m : sec, égale à la chronaxie motrice correspondante.

Si l'on applique une solution relativement faible de nicotine (une goutte pour $20^{cm^3}$) sur le ganglion spinal (concentration faisant en application locale augmenter la chronaxie du nerf), on constate presque immédiatement une forte augmentation de chronaxie (3 à 6 fois plus : 0,7 à 1,5 m : sec) sur toute l'étendue du neurone sensitif, tant la racine sensitive que la fibre périphérique en divers points de son trajet.

Ce processus est bien déclenché par l'application sur le ganglion : 1° la même application faite sur la racine sensitive n'a qu'un effet purement local; 2° la séparation de la racine sensitive d'avec le ganglion fait revenir sa chronaxie à la normale (sur le nerf lui-même une telle séparation ne permet plus la continuation des mesures en raison de ce qu'elle interrompt le réflexe). D'autre part la même application faite sur la moelle qui, nous l'avons constaté, déclenche la même variation de chronaxie sur le nerf moteur, est sans effet sur le neurone sensitif.

Appliquons sur le ganglion une solution plus concentrée (1 goutte pour $5^{cm^3}$) qui, mise localement sur le nerf, y bloquerait la conduction; nous n'observons pas de variation de chronaxie, ni sur la racine, ni sur la fibre périphérique : le ganglion a été trop fortement intoxiqué. Sur un ganglion ainsi paralysé, la solution faible de nicotine est devenue sans effet; après quelques minutes, il y a désintoxication et la nicotine diluée redevient efficace.

Un même retentissement à distance peut être déclenché aussi par action électrique : plaçons sur le ganglion spinal une pointe mousse en argent; une pointe analogue est fichée dans les muscles des gouttières vertébrales; établissons entre les électrodes une différence de potentiel de 2 ou 3 volts. Si l'électrode placée sur le ganglion est l'anode, nous observons à distance sur les fibres sensitives du nerf intercostal une diminution de chronaxie (jusqu'à 0,07 m : sec); si c'est la cathode, la chronaxie augmente (jusqu'à 1 m : sec). L'intérêt de ce genre d'action électrique consiste en ce que dans les variations physiologiques de chronaxie des nerfs périphériques sous l'influence des

centres, entrent précisément en jeu des variations électriques électrotoniques ([4]).

Ainsi donc, un effet portant sur les péricaryones sensitifs du ganglion spinal provoque à distance sur l'ensemble du neurone sensitif une modification d'excitabilité qui se propage aussi bien dans le sens de l'influx (racine sensitive) que dans le sens inverse (nerf sensitif périphérique). Les actions locales sur des fibres nerveuses n'entraînent au contraire jamais un tel retentissement, elles ne modifient l'excitabilité qu'au point intéressé et dans son voisinage ($2^{cm}$ au plus d'après nos constatations). Il est vraisemblable que les retentissements à distance que nous avons obtenus sur les neurones dont le corps siège dans la moelle, lors d'effets localisés à cette dernière, résultent d'une même mise en jeu du corps cellulaire.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE COMPARÉE. — *Recherches sur la nature et la teneur en vitamine* $B_2$ (riboflavine) *de certains tissus de Crustacés brachyoures.* Note de M. **René-Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours de recherches entreprises dans diverses branches du règne animal sur la coexistence de la mélanine et de la riboflavine (vitamine $B_2$), nous avons été amené à étudier certains tissus de Crustacés brachyoures ([1]).

Les travaux ont porté sur *Cancer pagurus* L. (Origine : Roscoff) et *Eriocheir sinensis* M.-Edw. [Origine : Gravelines ([2])], sur des lots de différentes tailles, au cours des mois de février à juin et d'octobre à décembre.

Les dosages de vitamine $B_2$ ont été faits par la technique d'Euler et Adler, modifiée par Gourévitch, et les examens des tissus au microscope à fluorescence de Reichert ([3]).

Les premières recherches ont porté sur l'hypoderme dorsal ([4]), tissu fortement mélanisé, dans lequel nous avons retrouvé la coexistence de la riboflavine et de la mélanine au sein du mélanocyte. La teneur en riboflavine s'est révélée considérable; elle atteint 24 à $190^{\gamma}$ par gramme de tissu frais chez Cancer, et de 150 à $305^{\gamma}$ chez Eriocheir. Ces chiffres indiquent les teneurs les

---

([4]) A. M. Monnier, *Arch. Internat. Physiol.*, 37, 1933, p. 337.

([1]) R.-G. Busnel, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 189.

([2]) M. Hoestland qui nous a adressé de très nombreux exemplaires de ce Crustacé, qui n'existe actuellement que dans le Nord de la France.

([3]) Le détail des résultats portant sur plus de 200 dosages sera donné dans un Mémoire ultérieur.

([4]) Hypoderme, couche épithéliale avec les éléments conjonctifs sous-jacents et les chromatocytes.

plus élevées et de beaucoup supérieures à celles que l'on connaît dans les tissus des Vertébrés.

Nous avons essayé de suivre les variations de la teneur en riboflavine de l'hypoderme chez Cancer au cours du cycle d'intermue. Celles-ci sont sensiblement identiques aux variations des substances hydrocarbonées, selon les données de P. Drach (5). Le maximum semble s'observer au stade C, correspondant à la période d'alimentation, avec une légère diminution au stade D, provenant d'une migration partielle des pigments de l'hypoderme dans le squelette tégumentaire.

La relation étroite signalée par Drach entre les activités de l'hypoderme et de l'hépato-pancréas nous a amené à suivre parallèlement la variation de la teneur en riboflavine de ce dernier organe; le stade le plus riche correspond à la phase D, où les teneurs, qui étaient de 4 à $7^{\gamma}$, atteignent 10 à $14^{\gamma}$ par gramme de tissus frais; il semble d'ailleurs exister une certaine hétérogénéité dans la pigmentation flavinique de l'organe.

Il était important de voir si la riboflavine pouvait se retrouver, comme chez les Insectes, accumulée dans certaines glandes excrétrices, et à cet effet des dosages ont été entrepris dans les tissus de la glande antennaire; ces tissus se sont révélés très riches en riboflavine, chez Cancer allant de 14 à $85^{\gamma}$ par gramme frais, et chez Eriocheir jusqu'à $275^{\gamma}$. Histologiquement, la riboflavine se trouve sous trois formes : libre, liée à un support protéique, leucodérivé.

L'ensemble du travail a été complété par des dosages dans la carapace et dans les yeux, où la coexistence des deux pigments se retrouve, mais les teneurs sont faibles : de 1 à $7^{\gamma}$ par gramme.

Des nombreux dosages effectués il ressort également de très grandes variations individuelles, allant parfois du simple au double et qui sont probablement en rapport avec l'alimentation. La taille des animaux semble jouer un rôle dans la teneur en riboflavine des tissus; cette notion confirmerait que cette substance s'accumule au cours de la vie dans les mélanocytes, sans qu'elle soit totalement excrétée, même au moment de la mue : par exemple les crabes les plus grands ont des teneurs plus élevées que les petits. On trouverait chez ces Invertébrés au niveau des organes, hypoderme et glande antennaire, le même blocage que celui que nous avons signalé avec A. Drilhon (6) au niveau du tube de Malpighi des Insectes.

Les résultats comparatifs obtenus à poids égal sur un Crabe sténohalin (Cancer) et un Crabe euryhalin (Eriocheir) montrent chez ce dernier une différence élevée qui semble nous ramener à l'hypothèse que nous avions émise avec Fontaine (7) pour les Poissons, où l'euryhalinité semble être en liaison

(5) *Thèse Fac. des Sc.*, Paris, 1939.
(6) R.-G. Busnel et A. Drilhon, *Arch. de Zool. Exp. et Génér.*, 82, 1942, v.
(7) M. Fontaine et R.-G. Busnel, *Bull. Inst. Océanogr.*, 1939, n° 782.

avec la présence de riboflavine dans la peau (Anguille, Épinoche).

Nous avons également vérifié la nature vitaminique de la riboflavine de l'hypoderme dorsal de Cancer, sur des rats carencés en vitamine $B_2$, par le régime de Randoin, Raffy et Aguirrezabala, et recevant des extraits aqueux concentrés de pigment d'hypoderme dorsal, pendant deux mois. La croissance des Rats d'une part, et leurs réactions chronaxiques d'autre part [8] donnent à penser que cette riboflavine a des propriétés vitaminiques.

Cette notion, jointe à celle de la très haute teneur de certains tissus de Cancer en vitamine $B_2$, ne semble pas négligeable à l'époque actuelle, où sont si fréquents les cas de carence partielle [9] en cette vitamine, habituellement retirée du lait et de ses dérivés.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

---

[8] Les déterminations chronaxiques ont été faites par Mme et M. P. Chauchard. Le détail de leurs travaux sera publié prochainement.

[9] L. Randoin et A. Raffy, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 28 nov. 1942 (*sous presse*).

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 25 JANVIER 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** dépose sur le bureau de l'Académie un Ouvrage inédit de **CLAUDE BERNARD** intitulé *Le Cahier rouge. Introduction* par M. LÉON DELHOUME.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la germination des graines à l'obscurité.* Note de MM. **MARIN MOLLIARD** et **ROBERT ÉCHEVIN**.

Les nombreuses cultures, effectuées en milieux aseptiques à partir des graines de diverses espèces de Phanérogames, ont permis d'établir l'intervention de la lumière solaire dans l'utilisation de certaines substances de nature organique, ainsi que le rôle morphogénique de celles-ci; il s'agissait de cultures exposées aux alternatives de jour et de nuit, et de ce fait les plantes en expérience présentaient dans leur développement des caractères qui restaient de même ordre que ceux des plantes soumises aux conditions normales de végétation; il n'en est plus de même pour les graines mises à germer à l'abri de la lumière solaire; ces dernières se comportent d'une manière très spéciale, indépendante d'ailleurs de l'espèce considérée, et il nous suffira, pour nous en faire une idée, de comparer les graines du *Raphanus sativus* (Radis rose à bout blanc) suivant qu'elles reçoivent les radiations solaires ou qu'elles sont maintenues à l'obscurité.

Les graines ont été choisies parmi celles dont le poids se trouvait compris entre $13^{mg}$ et $14^{mg}$, ce qui correspond, pour la matière sèche de l'amande, à un poids sensiblement égal à $10^{mg},5$. Stérilisées au sublimé, lavées à plusieurs reprises à l'eau pure, puis maintenues pendant deux jours sur de l'ouate humide, les plantules ont été ensuite reportées à la surface de milieux rendus solides par l'addition de gélose et constitués par de l'eau distillée, par la solution minérale de Knop (concentration normale) ou par celle-ci additionnée de 5 % de saccharose. Les semis ont été effectués au mois de mai; une partie

des tubes a été exposée à une belle lumière diffuse, les autres étant maintenus d'une manière constante à l'obscurité dans une chambre étuve, les conditions de température restant les mêmes dans les deux cas.

Nous retrouvons, pour les plantules exposées à la lumière, la constitution bien connue d'un axe hypocotylé donnant naissance vers sa base aux radicelles, portant plus haut les deux cotylédons et se terminant par les premières feuilles définitives; nous nous contenterons de considérer ces jeunes plantes lorsque la durée de germination a atteint une dizaine de jours, c'est-à-dire à l'époque où nous serons amenés à établir la comparaison avec les cultures séjournant à l'obscurité.

Les jeunes plantules, dont l'axe hypocotylé est teinté d'anthocyane et dont les deux feuilles définitives et les cotylédons sont bien verts, atteignent une longueur de $4^{cm}$ sur le milieu sucré; à partir de ce moment la jeune plante présente, qu'on la considère au point de vue morphologique ou au point de vue pondéral, un développement rapide qui peut se poursuivre pendant environ quatre mois, jusqu'à la formation de fleurs et de graines nouvelles et la production d'environ $400^{mg}$ de substance sèche; nous assistons à la substitution progressive de la nouvelle plante à la plantule contenue dans la graine; au cours de cette évolution la source d'énergie reste constamment la même, comme restent identiques les caractères de structure et spécialement ceux qui ont trait à la division cellulaire qui garde son allure normale.

Mais abandonnons cette série pour examiner comment se comportent les graines maintenues à l'obscurité; les plantules présentent dans ce cas une croissance assez rapide et, au bout de dix jours, l'axe hypocotylé atteint sur l'eau distillée une longueur d'environ $13^{cm}$, mais reste grêle avec une épaisseur de l'ordre du millimètre; les deux cotylédons qui le terminent gardent une teinte d'un jaune pur et l'on n'observe pas trace de feuille définitive; il est manifeste qu'on se trouve en présence d'une croissance s'effectuant dans le sens de la longueur de l'axe hypocotylé, et qu'il s'agit d'autre part d'une simple augmentation du volume des éléments qui se sont précédemment constitués dans la graine; le nombre de ceux-ci reste constant et il n'apparaît aucune des divisions cellulaires caractérisant la croissance des plantules qui reçoivent les radiations solaires.

Les phénomènes qui s'observent ainsi au bout de 10 jours ne font que se poursuivre sans grande modification durant environ un mois et demi, et prennent fin par la dessiccation progressive de la plantule, dont le poids de matière sèche n'arrive pas à doubler; en l'absence de toute lumière solaire, la plantule du Radis ne présente donc, dans son allure morphologique, que des réactions d'ordre pathologique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Chaux et magnésie dans la Betterave.*
Note de MM. **Henri Colin** et **Eugène Bougy.**

La racine des Betteraves à sucre, comparée à celle des variétés fourragères, se signale par sa faible minéralisation et par la proportion plus grande des bases insolubles, chaux et magnésie, relativement aux bases solubles, $K^2O$ et $Na^2O$; une richesse saccharine élevée est incompatible avec les fortes teneurs en sels alcalins. Le pourcentage de $CaO + MgO$ dans les cendres de Betteraves ne descend guère au-dessous de 15 dans la sucrière; il est rarement supérieur à 5 dans les fourragères typiques. A ne considérer que les organates, l'alcalinité des cendres insolubles, pour peu que le terrain soit calcaire, se montre à peu près équivalente, dans une Betterave sucrière, à l'alcalinité des cendres solubles, alors que dans les variétés fourragères elle est quatre ou cinq fois moindre.

Cette différence, si nette, entre les deux types extrêmes de Betteraves cultivées, n'est pas primitive; dans les premières phases du développement, tant que la racine n'a pas quelques millimètres d'épaisseur, sa composition chimique est sensiblement la même pour toutes les sortes; les matières minérales y sont aussi abondantes que dans les feuilles, avec prédominance des sels alcalins, les teneurs en azote sont identiques et le sucre négligeable de part et d'autre. La spécialisation ne commence à s'affirmer qu'avec l'ébauche de la réserve saccharine, et cela ne va pas sans de profondes modifications dans la morphologie et la structure, notamment pour ce qui est de l'importance du feuillage par rapport à la racine et de la vascularisation de celle-ci. C'est à ce moment qu'ont été effectuées les analyses ci-dessous, sur des Betteraves à six feuilles, prises au champ, dans la région parisienne :

| | Cendres | CaO | MgO | CaO + MgO (% de cendres). | $\frac{CaO}{MgO}$. | $\frac{\text{Alcalinité soluble}}{\text{Alcalinité insoluble}}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (% du sec). | | | | | |
| Sucrières...... | 13,1 | 0,75 | 0,58 | 10 | 1,3 | 2,1 |
| Fourragères.... | 20,2 | 0,95 | 0,68 | 8 | 1,4 | 2,3 |

Pour une même sorte de Betterave les chiffres de CaO et de MgO sont extrêmement variables suivant le terrain et le climat, aussi bien dans la feuille que dans la racine; on en peut juger par l'analyse comparative, en fin de saison, d'une même sucrière cultivée en terre calcaire (Gâtinais) ou acide (Alençon) :

| | Sol calcaire. | | | Sol acide. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CaO | MgO | | CaO. | MgO. | |
| | (% du sec). | | CaO/MgO. | (% du sec). | | CaO/MgO |
| Limbe............... | 2,20 | 0,38 | 5,7 | 1,25 | 0,97 | 1,28 |
| Pétiole haut.......... | 1,15 | 0,28 | 4,1 | 0,43 | 0,18 | 2,37 |
| » bas........... | 1,00 | 0,32 | 3,1 | 0,74 | 0,35 | 2,08 |
| Collet............... | 0,74 | 0,19 | 3,8 | 0,24 | 0,28 | 0,85 |
| Souche.............. | 0,47 | 0,23 | 2,0 | 0,15 | 0,36 | 0,42 |

Toutes choses égales, la pulpe fraîche de sucrière renferme ordinairement plus de chaux et de magnésie que celle de fourragère, surtout en terre acide; mais si l'on rapporte au sec, à plus forte raison au sucre, les écarts sont bien moindres, cela va de soi; si au contraire, ce qui est beaucoup plus rationnel, on s'en réfère au non-sucre, c'est-à-dire à la partie vivante de la pulpe, c'est la sucrière qui vient en tête. Voici l'ordre de grandeur de ces rapports pour deux variétés typiques de Betteraves, sucrière (Vilmorin A) et fourragère (Géante jaune de Vauriac), cultivées côte à côte en sol argileux :

| | Sucrière. | | | Fourragère. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CaO. | MgO. | CaO + MgO. | CaO. | MgO. | CaO + MgO. |
| Pour 100 du frais...... | 0,032 | 0,075 | 0,107 | 0,018 | 0,017 | 0,035 |
| » du sec....... | 0,147 | 0,345 | 0,492 | 0,178 | 0,168 | 0,346 |
| » du sucre..... | 0,196 | 0,460 | 0,656 | 0,356 | 0,336 | 0,692 |
| » du non-sucre. | 0,588 | 1,380 | 1,968 | 0,356 | 0,336 | 0,692 |

Le rapport CaO/MgO varie lui-même dans de larges limites avec les conditions; pour la racine Muntz et Girard, plus récemment Lagatu, le trouvaient légèrement ou franchement inférieur à l'unité chez la sucrière, un peu plus élevé dans la fourragère; il est de 0,76 dans les analyses classiques d'Andrlick (Prague, 1901); nous l'avons souvent vu descendre plus bas, jusqu'à 0,42, en sol acide, ce qui correspond à 7 atomes de Mg pour 3 de Ca, mais il peut dépasser 2 en terrain calcaire. Dans le parenchyme assimilateur, la chaux l'emporte de beaucoup sur la magnésie, en milieu fortement calcaire, surtout à l'automne, quelles que soient les sortes de Betteraves; en terre acide, les deux bases s'équivalent à peu près, et le quotient CaO/MgO tend à diminuer au cours de la saison. Le pétiole renferme généralement plus de chaux que de magnésie, même en sol argileux.

Bien que l'on considère souvent le total CaO + MgO et que ces bases se trouvent l'une et l'autre dans divers produits, pectines, phytines, elles ne sont pas tellement solidaires; la magnésie est beaucoup plus mobile que la chaux; il suffit, pour s'en convaincre, d'exprimer la pulpe râpée de Betterave, plus des trois quarts de Mg passent dans le jus alors que la plus grande partie de Ca est retenue dans le marc. L'épuisement par l'eau bouillante conduit au même résultat, fût-elle additionnée d'acide acétique étendu, mais l'acide chlorhydrique dissout la chaux comme la magnésie. Cela montre qu'une fraction de Ca est à l'état d'oxalate. Une autre salifie partiellement les carboxyles uroniques du ciment intercellulaire; on trouve deux atomes de Ca pour un de Mg dans les cendres de la pectine brute de Betterave, mais il n'est pas démontré que les carboxyles non éthérifiés par l'alcool méthylique soient intégralement neutralisés par la chaux et la magnésie; le chiffre de décarboxylation de la pulpe de Betterave, défalqué de l'alcool méthylique, est toujours équivalemment supérieur à la somme CaO + MgO.

Le rôle plastique du magnésium est de peu d'importance; par contre, là où l'activité biochimique est prononcée, la proportion relative de magnésie est

toujours plus élevée, c'est ce que l'on constate notamment dans les jeunes feuilles, dans les zones vasculaires, comparativement aux feuilles adultes et au parenchyme conjonctif, dans les couches superficielles de la racine également, sous la pelure où les assises génératrices se pressent les unes sur les autres, particulièrement chez les variétés sucrières. On ne peut rien dire de plus quand au rôle du magnésium dans l'élaboration de la réserve saccharine.

## PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à une place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes, pour la première ligne, M. *Donatien Cot* obtient 42 suffrages. Il y a 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Frédéric Marguet* obtient 39 suffrages.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'Etat à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

*En première ligne*................ M. **Donatien Cot**.
*En seconde ligne*................ M. **Frédéric Marguet**.

## CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une propriété asymptotique des solutions de certaines équations linéaires aux différences finies.* Note de M. **Ky Fan**, présentée par M. Joseph Pérès.

I. *Énoncé du théorème.* — Le but de la présente Note est de démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *Étant donnée l'équation linéaire aux différences finies d'ordre m*

$$\Delta^m y(n) + g_{m-1}(n)\,\Delta^{m-1} y(n) + \ldots + g_1(n)\,\Delta y(n) + g_0(n) y(n) = h(n), \tag{1}$$

*si les séries*

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{m-k-1} |g_k(n)| \quad (k = 0, 1, \ldots, m-1) \quad \text{et} \quad \sum_{n=1}^{\infty} h(n) \tag{2}$$

*sont convergentes, les limites*

$$\lim_{n \to +\infty} \frac{(m-k-1)!}{n^{m-k-1}} \Delta^k y(n) \qquad (k = 0, 1, \ldots, m-1) \tag{3}$$

*existent et sont égales entre elles, quelle que soit la solution $y(n)$ de* (1).

Ce théorème est analogue à un théorème, dû à O. Haupt [1], concernant les intégrales de certaines équations différentielles linéaires. En outre le

---

[1] *Math. Zeitschr.*, 48, 1942, pp. 289-292.

théorème ci-dessus est une généralisation d'un résultat publié ailleurs, où nous avons établi ce théorème dans les cas particuliers $m = 1, 2$ [2]. Aussi supposons-nous dans la suite $m \geqq 2$.

II. *Marche de la démonstration.* — La démonstration, qui est analogue au procédé employé par Haupt pour les équations différentielles, fait usage des lemmes suivants :

LEMME 1. — *Pour que les limites* (3) *existent et soient égales entre elles, il suffit que la limite*

$$\lim_{n \to +\infty} \Delta^{m-1} y(n) \tag{4}$$

*existe.*

Observons ensuite que l'on a, pour $k = 0, 1, \ldots, m-2$,

$$\Delta^k y(n) = \sum_{j=a}^{n-m+k+1} C_{n-j-1}^{m-k-2} \Delta^{m-1} y(j) + \sum_{j=k}^{m-2} C_{n-a}^{j-k} \Delta^j y(a) \qquad (n \geqq a) \quad [3], \tag{5}$$

où $a$ est un entier positif quelconque. En utilisant cette formule, on établit facilement le lemme suivant :

LEMME 2. — *Si $\varphi(n)$ est une fonction (définie pour $n \geqq a$) vérifiant l'équation fonctionnelle*

$$\varphi(n) = J(n;\varphi) + H(n; c_0, c_1, \ldots, c_{m-1}) \qquad (n \geqq a), \tag{6}$$

*où*

$$J(n;\varphi) = -\sum_{\xi=a}^{n-1} g_{m-1}(\xi)\varphi(\xi) - \sum_{\xi=a}^{n-1}\sum_{k=0}^{m-2}\left[g_k(\xi)\sum_{j=a}^{\xi-m+k+1} C_{\xi-j-1}^{m-k-2}\varphi(j)\right], \tag{7}$$

$$H(n; c_0, c_1, \ldots, c_{m-1}) = c_{m-1} + \sum_{\xi=a}^{n-1} h(\xi) - \sum_{\xi=a}^{n-1}\sum_{k=0}^{m-2}\left[g_k(\xi)\sum_{j=k}^{m-2} C_{\xi-a}^{j-k} c_j\right] \tag{8}$$

*($c_j$ étant $m$ constantes), la fonction $y(n)$ définie par*

$$y(n) = \sum_{j=a}^{n-m+1} C_{n-j-1}^{m-2}\varphi(j) + \sum_{j=0}^{m-2} C_{n-a}^{j} c_j \qquad (n \geqq a) \tag{9}$$

*est une solution de l'équation* (1) *et l'on a $\Delta^j y(a) = c_j$ $(0 \leqq j \leqq m-1)$.*

*Si, de plus,* $\lim_{n \to +\infty} \varphi(n)$ *existe, la limite* $\lim_{n \to +\infty} \Delta^{m-1} y(n)$ *existe également.*

---

[2] *Bull. Soc. Math. France*, 70, 1942, p. 93.

[3] Lorsque $a \leqq n < a + m - k - 1$, nous convenons de réduire le second membre de (5) à l'expression

$$\sum_{j=k}^{n-a+k} C_{n-a}^{j-k} \Delta^j y(a).$$

Ainsi la formule (5) est valable pour $n \geqq a$.

D'après ces deux lemmes, la démonstration de notre théorème consiste donc à prouver le théorème auxiliaire que voici :

THÉORÈME AUXILIAIRE. — *Supposons que les séries* (2) *soient convergentes. Alors, pour l'entier positif* $a$ *assez grand, l'équation* (6) *admet, quelles que soient les constantes* $c_0, c_1, \ldots, c_{m-1}$, *une solution* $\varphi(n)$ *telle que* $\lim_{n \to +\infty} \varphi(n)$ *existe.*

III. *Démonstration du théorème auxiliaire par approximations successives.* — En vertu des convergences des séries (2), on peut choisir un entier positif $a$ assez grand pour que l'on ait

$$\sum_{n=a}^{\infty} \sum_{k=0}^{m-1} n^{m-k-1} |g_k(n)| \leqq \frac{1}{2}.$$

Il en résulte alors le fait suivant :

(10) Si l'on a $|\varphi(n)| \leqq p$ pour $n \geqq a$, on a $|J(n;\varphi)| \leqq \frac{p}{2}$ pour $n \geqq a$.

Posons maintenant, pour $n \geqq a$,

(11) $\varphi_0(n) = 1, \qquad \varphi_\nu(n) = J(n; \varphi_{\nu-1}) + H(n; c_0, c_1, \ldots, c_{m-1}).$

En se servant encore une fois de l'hypothèse des convergences des séries (2), on voit que, quel que soit $\nu = 0, 1, 2, \ldots$, la limite $\lim_{n \to +\infty} \varphi_\nu(n)$ existe. Dès lors, pour

$$\psi_\nu(n) = \varphi_\nu(n) - \varphi_{\nu-1}(n) \qquad (\nu = 1, 2, 3, \ldots),$$

la limite $\lim_{n \to +\infty} \psi_\nu(n)$ existe et par suite

$$\text{borne sup.}_{n \geqq a} |\psi_\nu(n)| = p_\nu \qquad (\nu = 1, 2, 3, \ldots)$$

est finie. Comme $\psi_\nu(n) = J(n; \psi_{\nu-1})$, on a, d'après (10), $p_\nu \leqq p_1/2^{\nu-1}$. La série $\sum_{j=1}^{\infty} \psi_j(n)$ converge donc uniformément par rapport à $n$ et par conséquent

$$\varphi(n) = \lim_{\nu \to +\infty} \varphi_\nu(n) \quad \text{existe et} \quad = \varphi_0(n) + \sum_{j=1}^{\infty} \psi_j(n).$$

On constate, d'après (11), que $\varphi(n)$ est une solution de (6). De plus, comme la convergence de la série $\sum_{j=1}^{\infty} \psi_j(n)$ est uniforme en $n$ et $\lim_{n \to +\infty} \psi_j(n)$ existe pour chaque valeur de $j$, la limite $\lim_{n \to +\infty} \varphi(n)$ existe.

ÉLASTICITÉ. — *Sur une solution particulière des équations de l'élasticité.* Note de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

Il est facile de vérifier que les fonctions

$$H = f(\alpha x + \beta y + \gamma z),$$
$$F = (lx + my + nz) f(\alpha x + \beta y + \gamma z)$$

sont solutions l'une de l'équation $\Delta H = 0$, l'autre de l'équation $\Delta\Delta F = 0$, quand il existe entre les paramètres $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, la relation

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 0 \tag{1}$$

Si donc l'on pose

$$\left\{\begin{aligned} u &= (l_1 x + m_1 y + n_1 z) f(\alpha x + \beta y + \gamma z), \\ v &= (l_2 x + m_2 y + n_2 z) f(\alpha x + \beta y + \gamma z), \\ w &= (l_3 x + m_3 y + n_3 z) f(\alpha x + \beta y + \gamma z), \end{aligned}\right. \tag{2}$$

on sait que les relations $\Delta\Delta u = \Delta\Delta v = \Delta\Delta w = 0$ seront satisfaites. Il est facile de vérifier que

$$\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial z}$$

se mettra sous la forme

$$\theta = (l_1 + m_2 + n_3) f(\alpha x + \beta y + \gamma z)$$

et sera par suite solution de $\Delta\theta = 0$, si les relations suivantes sont satisfaites :

$$\left\{\begin{aligned} \alpha l_1 + \beta l_2 + \gamma l_3 &= 0, \\ \alpha m_1 + \beta m_2 + \gamma m_3 &= 0, \\ \alpha n_1 + \beta n_2 + \gamma n_3 &= 0. \end{aligned}\right. \tag{3}$$

En formant les dérivées $\partial\theta/\partial x$, $\partial\theta/\partial y$, $\partial\theta/\partial z$ d'une part et les expressions $\Delta u$, $\Delta v$, $\Delta w$ d'autre part, on constate qu'elles se mettent toutes sous la forme

$$\begin{aligned} &\frac{\partial\theta}{\partial x}, \quad \frac{\partial\theta}{\partial y}, \quad \frac{\partial\theta}{\partial z} = \mathrm{K} f'(\alpha x + \beta y + \gamma z) \\ &\Delta u, \quad \Delta v, \quad \partial w = \mathrm{L} f'(\alpha x, \beta y, \gamma z); \end{aligned} \qquad (\mathrm{K}, \mathrm{L} = \text{const.});$$

les termes en $f''$ qui apparaissent dans les dérivées $\partial^2 u/\partial x^2$, $\partial^2 u/\partial y^2$, $\partial^2 u/\partial z^2$ disparaissant de leur somme du fait de la relation

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 0.$$

Il est donc possible de satisfaire aux équations de l'élasticité

$$(\lambda + \mu)\frac{\partial\theta}{\partial x} + \mu\,\Delta u = 0 - \ldots,$$

sans particulariser la forme de la fonction $f'$ si les relations suivantes sont

satisfaites :

$$(4)\quad \begin{cases} (\lambda+\mu)\alpha(l_1+m_2+n_3)+2\mu[l_1\alpha+m_1\beta+n_1\gamma]=0, \\ (\lambda+\mu)\beta(l_1+m_2+n_3)+2\mu[l_2\alpha+m_2\beta+n_2\gamma]=0, \\ (\lambda+\mu)\gamma(l_1+m_2+n_3)+2\mu[l_3\alpha+m_3\beta+n_3\gamma]=0. \end{cases}$$

Si nous établissons entre les douze paramètres $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $l_1$, $l_2$, $l_3$, $m_1$, $m_2$, $m_3$, $n_1$, $n_2$, $n_3$ les sept relations des groupes (1), (3), (4) (dont six seulement sont distinctes), les formules (2) représenteront des fonctions satisfaisant aux équations de l'élasticité.

Les tensions seront définies par les formules

$$\begin{aligned} N_1 &= [(\lambda+2\mu)l_1+\lambda m_2+\lambda n_3]f+2\mu\alpha[l_1x+m_1y+n_1z]f', \\ N_2 &= [\lambda l_1+(\lambda+2\mu)m_2+\lambda n_3]f+2\mu\beta[l_2x+m_2y+n_2z]f', \\ N_3 &= [\lambda l_1+\lambda m_2+(\lambda+2\mu)n_3]f+2\mu\gamma[l_3x+m_3y+n_3z]f', \\ T_1 &= (m_3+n_2)f+[x(\beta l_3+\gamma l_2)+y(\beta m_3+\gamma m_2)+z(\beta n_3+\gamma n_2)]f', \\ T_2 &= (n_1+l_3)f+[x(\gamma l_1+\alpha l_3)+y(\gamma m_1+\alpha m_3)+z(\gamma n_1+\alpha n_3)]f', \\ T_3 &= (l_2+m_1)f+[x(\alpha l_2+\beta l_1)+y(\alpha m_2+\beta m_1)+z(\alpha n_2+\beta n_1)]f'. \end{aligned}$$

Avec les formes simples (2), nous disposerons d'une fonction $f$ et de cinq paramètres arbitraires pour satisfaire aux relations limites.

En additionnant entre elles plusieurs solutions du type (2), nous pourrons disposer d'un nombre de paramètres et de fonctions aussi grand que nous voudrons :

*a*. pour satisfaire aux conditions limites;

*b*. pour faire disparaître les termes imaginaires qui se présentent naturellement dans la solution étudiée.

HYDRAULIQUE. — *Sur divers problèmes relatifs à la vidange d'un réservoir.* Note (¹) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous envisageons, dans cette Note, l'étude des variations du niveau d'un réservoir alimenté à débit constant, positif ou négatif (prélèvement) et débitant simultanément par un ajutage ou par un réservoir.

1. Un réservoir est alimenté à un débit constant $q_0$; un ajutage, de section $\omega$, de coefficient de débit $m$, est percé dans une de ses parois. $A(z)$ étant la section horizontale du réservoir, à la cote $z$ au-dessus de l'axe de l'ajutage, on a, par continuité,

$$q_0\,dt = A\,dz + m\omega\sqrt{2gz}\,dt,$$

ou

$$(1)\qquad dt=\frac{A\,dz}{q_0-m\omega\sqrt{2gz}}.$$

(¹) Séance du 18 janvier 1943.

Cette équation permet une intégration graphique, dans le cas le plus général. Traitons entièrement le problème, dans le cas où A est constant, et posons

$$(2)\qquad v=\sqrt{2gz},\qquad v_1=\sqrt{2gz_1},\qquad v_2=\sqrt{2gz_2},$$

$z_1$ désignant la cote initiale et $z_2$ la cote finale du niveau.

*a*. Supposons tout d'abord $q_0>0$, c'est-à-dire le débit $q_0$ injecté dans le réservoir. Le temps $t$, nécessaire au niveau pour passer de la cote $z_1$ à la cote $z$, s'obtient en intégrant l'équation (1), ce qui se fait sans difficulté, par le changement de variable (2) et en remarquant que l'on a, dans le régime permanent final,

$$(3)\qquad q_0=m\omega\sqrt{2gz_2}=m\omega v_2.$$

On obtient ainsi

$$t=\int_{v_1}^{v}\frac{A}{g}\,\frac{v\,dv}{m\omega v_2-m\omega v}=\frac{A}{m\omega g}\left[v_1-v+v_2\,\mathrm{Log}\frac{v_2-v_1}{v_2-v}\right]$$

ou

$$t=\frac{A\sqrt{2}}{m\omega\sqrt{g}}\left[\sqrt{z_1}-\sqrt{z}+\sqrt{z_2}\,\mathrm{Log}\left|\frac{\sqrt{z_2}-\sqrt{z_1}}{\sqrt{z_2}-\sqrt{z}}\right|\right].$$

En particulier, le temps nécessaire pour atteindre le niveau d'équilibre, de cote $z_2$, est théoriquement infini.

*b*. Supposons $q_0<0$, le débit étant prélevé dans le réservoir. Les équations (1) et (2) restent valables tant que l'on a $z>0$, mais il faut mettre en évidence $q_0=-q'_0$ (avec $q'_0>0$), dans les équations, car l'égalité (3) n'a plus lieu. On a alors

$$t=\int_{v_1}^{v}\frac{A}{m\omega g}\left[\frac{\dfrac{q'_0}{m\omega}}{\dfrac{q'_0}{m\omega}+v}-1\right]dv=\frac{A}{m\omega g}\left[\frac{q'_0}{m\omega}\,\mathrm{Log}\frac{\dfrac{q'_0}{m\omega}+v_1}{\dfrac{q'_0}{m\omega}+v}+v_1-v\right].$$

En particulier, le niveau atteint la cote de l'orifice au bout d'un temps T, obtenu en faisant $v=0$ dans l'expression de $t$; on trouve ainsi

$$T=\frac{A}{gm^2\omega^2}\left[q'_0\,\mathrm{Log}\frac{q'_0}{q'_0+q_1}+q_1\right],$$

$q_1$ désignant le débit de l'ajutage, à l'instant initial.

2. Un réservoir, de section horizontale $A(z)$, à la cote $z$ au-dessus du seuil d'un déversoir, de largeur $l$, est alimenté à débit constant $q_0$; on a

$$q_0\,dt=A\,dz+mlz\sqrt{2gz}$$

ou

$$t=\int_{z_1}^{z}\frac{A\,dz}{q_0-mlz\sqrt{2gz}},$$

$z_1$ désignant la cote du niveau à l'instant initial.

Achevons le calcul, dans le cas où A est constant, en posant $u=\sqrt{z}$ et en remarquant que

$$\frac{q_0}{ml\sqrt{2g}}=[\sqrt{z_2}]^3,$$

$z_2$ désignant la cote du niveau correspondant au déversement permanent du débit d'apport $q_0$. On obtient finalement

$$\frac{3ml\sqrt{2gz_2}}{2\mathrm{A}}\cdot t=\mathrm{Log}\,\frac{\sqrt{z_2}-\sqrt{z_1}}{\sqrt{z_2}-\sqrt{z}}\sqrt{\frac{z_2+\sqrt{z_2 z}+z}{z_2+\sqrt{z_2 z_1}+z_1}}$$
$$+\sqrt{3}\,\mathrm{arc\,tang}\,\frac{1}{\sqrt{3}}\left(1+2\sqrt{\frac{z_1}{z_2}}\right)-\sqrt{3}\,\mathrm{arc\,tang}\,\frac{1}{\sqrt{3}}\left(1+2\sqrt{\frac{z}{z_2}}\right).$$

En particulier, s'il s'agit d'un apport de débit ($q_0>0$), la durée d'établissement du régime permanent, obtenue en remplaçant $z$ par $z_2$ dans l'expression de $t$, est infinie.

ÉLECTRICITÉ. — *Analogie entre la propagation des composantes symétriques dans un système triphasé et celle des ondes élastiques dans un solide.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

M. L. Brillouin [1] a insisté sur l'analogie que présente la propagation des ondes élastiques dans une file de particules matérielles liées élastiquement avec celle des ondes électriques dans un filtre. On peut pousser cette analogie plus loin : si l'on envisage un réseau triphasé d'un type analogue à celui figuré ci-après (*fig.* 1 *a*), on constate que les composantes symétriques des courants

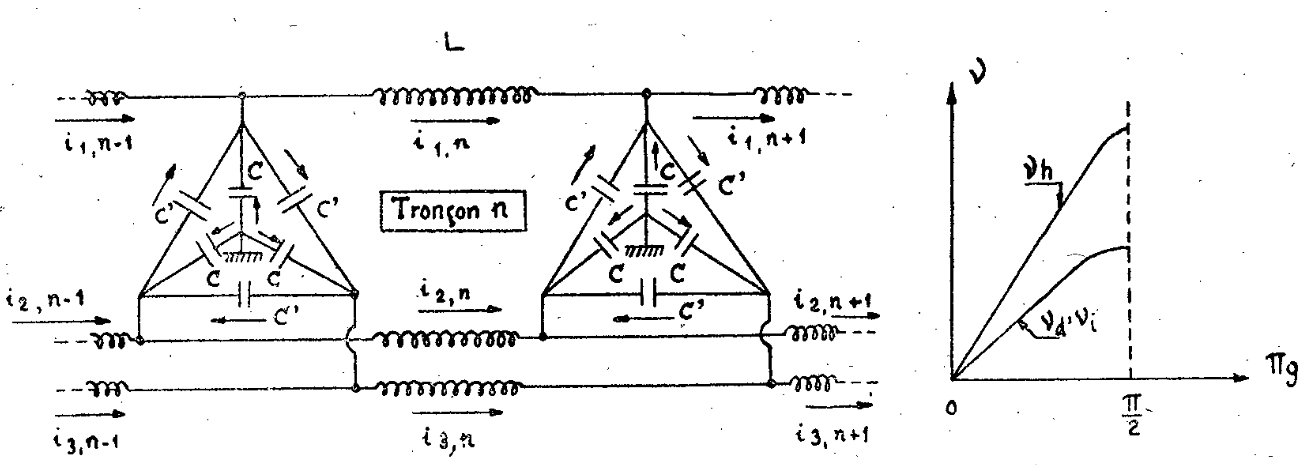



Fig. 1a Fig. 1b

jouent un rôle analogue aux ondes élastiques longitudinale et transversales qui se propagent dans un solide.

Soit une ligne triphasée indéfinie, supposée sans résistance, constituée par des tronçons identiques dont chaque phase présente une self-inductance L,

[1] *R. gén. Électricité*, 42, 1937, p. 773. Voir aussi M. Parodi, *Thèse*, 1938.

chaque tronçon étant lié au suivant par un système de capacités C et C′, C représentant la capacité d'une phase d'un tronçon par rapport à la terre et C′ la capacité entre deux phases d'un même tronçon.

En prenant comme variables les intensités $i_{1,n}$, $i_{2,n}$, $i_{3,n}$ des courants dans le tronçon de rang $n$, les équations électriques relatives à ce tronçon s'écrivent

$$(1)\qquad -\frac{1}{C}i_{1,n-1}+\frac{2}{C}i_{1,n}+L\left(1+2\frac{C'}{C}\right)\frac{d^2}{dt^2}i_{1,n}-L\frac{C'}{C}\frac{d^2}{dt^2}(i_{2,n}+i_{3,n})-\frac{1}{C}i_{1,n+1}=0$$

et deux équations analogues obtenues par permutation circulaire des indices.

Introduisons les composantes symétriques, homopolaire, directe et inverse, des courants,

$$I_{h,n}=i_{1,n}+i_{2,n}+i_{3,n},$$
$$I_{d,n}=i_{1,n}+\alpha i_{2,n}+\alpha^2 i_{3,n},\qquad I_{i,n}=i_{1,n}+\alpha^2 i_{2,n}+\alpha i_{3,n},$$

1, $\alpha$ et $\alpha^2$ étant les racines cubiques de l'unité.

Les trois équations (1) peuvent être remplacées par le groupe d'équations

$$(2)\qquad \begin{cases} -\frac{1}{C}I_{h,n-1}+\frac{2}{C}I_{h,n}+L\frac{d^2}{dt^2}I_{h,n}-\frac{1}{C}I_{h,n+1}=0,\\ -\frac{1}{C}I_{d,n-1}+\frac{2}{C}I_{d,n}+L\left(1+3\frac{C'}{C}\right)\frac{d^2}{dt^2}I_{d,n}-\frac{1}{C}I_{d,n+1}=0,\\ -\frac{1}{C}I_{i,n-1}+\frac{2}{C}I_{i,n}+L\left(1+3\frac{C'}{C}\right)\frac{d^2}{dt^2}I_{i,n}-\frac{1}{C}I_{i,n+1}=0. \end{cases}$$

Cherchons dans quelles conditions des ondes du type

$$A\,e^{2\pi i(\nu t-gn)}\qquad (i=\sqrt{-1})$$

peuvent se propager dans le système; $\nu$ étant la fréquence et $g$ une grandeur inversement proportionnelle à la longueur d'onde.

La première équation du groupe (2) donne

$$\nu_h=\frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{1}{CL}}\sin\pi g.$$

Les deux autres conduisent à la même relation

$$\nu_d,\ \nu_i=\frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{1}{CL\left(1+3\frac{C'}{C}\right)}}\sin\pi g.$$

Le spectre des fréquences, tracé en fonction de $\pi g$, a l'aspect figuré (*fig.* 1 *b*).

Le système présente les propriétés d'un filtre passe-bas; d'autre part, son spectre de fréquence, comportant une branche simple ($\nu_h$) et une branche double ($\nu_i$, $\nu_d$), est tout à fait semblable à celui d'un corps solide à une particule

de base. Les composantes homopolaires des courants correspondent aux ondes longitudinales, les composantes polyphasées ($\nu_i$, $\nu_d$) aux ondes transversales.

Notons de plus que l'on a à distinguer des vitesses de propagation différentes suivant que l'on considère les composantes homopolaires ou les composantes polyphasées, ces vitesses étant analogues aux vitesses des ondes longitudinales ou transversales.

Pour un solide à deux particules de base, on retrouverait l'analogie en supposant la ligne précédente comme constituée par la répétition périodique de deux types de tronçons ayant des phases de selfs-inductances respectives L et L′, les groupes de capacité conservant la même structure tout le long de la ligne.

*Remarque.* — Si l'on tient compte de l'induction mutuelle entre phases, l'analogie subsiste.

OPTIQUE. — *Formule de Havelock et formule nouvelle pour la dispersion des biréfringences électriques et magnétiques.* Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai proposé (¹) une formule nouvelle pour traduire la dispersion des biréfringences électriques et magnétiques. Je voudrais la confronter ici avec la formule de Havelock.

On dit quelquefois (²) que la formule de Havelock se déduit de la théorie de Langevin-Born quand on suppose que l'anisotropie des molécules est constante et indépendante de la longueur d'onde. Or ce n'est pas tout à fait exact, et l'on trouvera, dans les exposés de Szivessy (³) et Schütz (⁴) par exemple, le détail des vraies hypothèses à faire. Elles consistent à admettre que, si A, B, C sont les réfractivités principales de la molécule, les quantités $[(1/A)-(1/B)]$, $[(1/B)-(1/C)]$, $[(1/C)-(1/A)]$ ne varient pas avec la longueur d'onde et que les termes $(A+B+C)^2/AB$, $(A+B+C)^2/BC$, $(A+B+C)^2/CA$ restent pratiquement constants et égaux à 9.

L'hypothèse de l'invariance de l'anisotropie optique

$$|\alpha|=\sqrt{\frac{(A-B)^2+(B-C)^2+(C-A)^2}{2(A+B+C)^2}}$$

---

(¹) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 780; **214**, 1942, p. 159; **215**, 1942, p. 570.

(²) Voir par exemple J.-W. Beams, *Reviews of Modern Physics*, **4**, 1932, p. 169; C. Salceanu, *Thèse*, Paris, 1932, p. 34.

(³) G. Szivessy, *Handbuch der Physik*, Berlin, **21**, 1929, p. 772.

(⁴) W. Schütz, *Handbuch der Experimentalphysik*, Leipzig, **16**, 1936, p. 238.

m'a servi, au contraire, à justifier la formule que j'ai proposée. Ainsi, par exemple pour les gaz diamagnétiques non polaires, les constantes de Kerr et de Cotton-Mouton peuvent s'écrire

$$B = \frac{3(n_\infty^2 - 1)\alpha\alpha_E}{10kTN} \varkappa_E \times \frac{\lambda}{\lambda^2 - \lambda_0^2}, \qquad C = \frac{3(n_\infty^2 - 1)\alpha\alpha_M}{10kTN} \varkappa_M \times \frac{\lambda}{\lambda^2 - \lambda_0^2},$$

où $\alpha$, $\alpha_E$ et $\alpha_M$ sont les anisotropies optique, électrique et magnétique. Ces expressions sont bien de la forme

$$B = b.\frac{\lambda}{\lambda^2 - \lambda_0^2}, \qquad C = c.\frac{\lambda}{\lambda^2 - \lambda_0^2}$$

si l'anisotropie optique $\alpha$ reste constante.

Cette hypothèse est d'ailleurs la seule compatible avec l'hypothèse de Gans

$$\frac{A_0}{A} = \frac{B_0}{B} = \frac{C_0}{C} = a,$$

toujours utilisée dans les calculs sur l'effet Kerr, et qui laisse la quantité $[(A - B)^2 + (B - C)^2 + (C - A)^2]/2(A + B + C)^2$ invariable lorsque $a$ varie avec la longueur d'onde ([5]).

La même hypothèse rend compte de ma formule dans le cas des liquides. C'est en réalité le terme $[(n^2 + 2)^2/9n] \times \alpha$ qui intervient. Mais le facteur $(n^2 + 2)^2/9n$ (toujours un peu arbitraire, car il dérive de l'utilisation de la loi de Lorentz-Lorenz) a une variation relative très faible par rapport à celle de la biréfringence. On peut donc la négliger en première approximation, comme on le fait pour le terme $(n^2 + 2)/3$ vis-à-vis des termes de Drude, dans les théories quantiques du pouvoir rotatoire.

Ainsi, *lorsqu'on suppose l'anisotropie optique constante, la théorie de l'orientation conduit à ma formule et non à celle de Havelock.*

Or les travaux récents de Turner, Mitra et Krishnan ([6]) montrent justement que, dans un large intervalle spectral, et pour les substances non associées, il n'y a aucune dispersion sensible du facteur de dépolarisation, donc de l'anisotropie optique. C'est là sans doute la raison pour laquelle la formule que j'ai proposée traduit les résultats expérimentaux avec précision.

---

([5]) D'après cette hypothèse, on a $\alpha_E = \alpha$, d'où pour B l'expression

$$B = \frac{3(n_\infty^2 - 1)\alpha^2}{10kTN} \times \frac{\varepsilon - 1}{4\pi} \times \frac{\lambda}{\lambda^2 - \lambda_0^2} = \frac{3}{40\pi} \times \frac{(n_\infty^2 - 1)(\varepsilon - 1)}{NkT} \alpha^2 \times \frac{\lambda}{\lambda^2 - \lambda_0^2}$$

que j'ai donnée précédemment.

([6]) S.-M. Mitra, *Zeits. für Physik*, 96, 1935, p. 29; R.-S. Krishnan, *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, A, 3, 1936, p. 566.

RAYONS X. — *Sur l'action photographique des électrons secondaires résultant de l'action des rayons X sur des métaux.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. J'ai montré [1] comment l'effet photoélectrique des rayons X pénétrants pouvait servir de base à une nouvelle méthode de micro ou macroradiographie *par réflexion*, laquelle dans le film sensible n'est impressionné que par les électrons secondaires émis par l'objet irradié.

En vue d'applications ultérieures de cette méthode, il est nécessaire de connaître la loi de variation de la densité photographique en fonction du numéro atomique de l'élément irradié. Dans ce but, on dispose côte à côte sur un support de bois des plaquettes métalliques de métaux divers, rangés par numéros atomiques croissants; sur l'ensemble de ces plaquettes, dont la surface externe doit être bien dressée, on place un film ou un papier photographique peu sensible, l'émulsion étant appliquée contre les surfaces métalliques. L'ensemble est disposé sur le trajet de rayons X émis par une ampoule fonctionnant entre 100 et 200 kV, sous tension constante.

Le cliché (*fig.* 1) représente le résultat obtenu sur un papier au chlorure

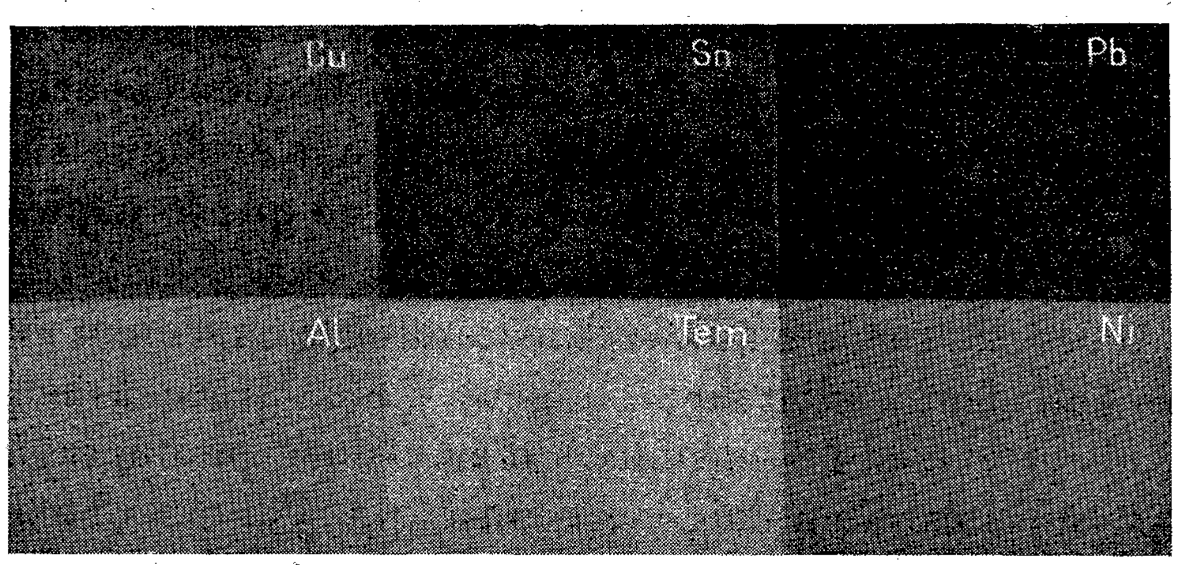



Fig. 1.

d'argent, après irradiation de 10 minutes à $45^{cm}$ du foyer de l'anticathode, pour une tension de 200 kV et un débit de 2 mA; le témoin correspond à une feuille de carton. Le noircissement des plages ainsi obtenues par l'action directe des photoélectrons secondaires a été mesuré au densitomètre Capstaff-Purdey.

Les résultats des mesures sont consignés dans les courbes ci-après A, B, C qui indiquent l'allure générale du phénomène (*fig.* 2); il est à noter que le domaine optimum d'emploi de la méthode est compris entre 150 et 200 kV,

---

[1] *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 833; **214**, 1942, p. 164.

domaine où l'action des rayons X de fluorescence est négligeable vis-à-vis de celle des photoélectrons, ainsi que cela a été prouvé par ailleurs par A. Guinier et J. Devaux ([2]).

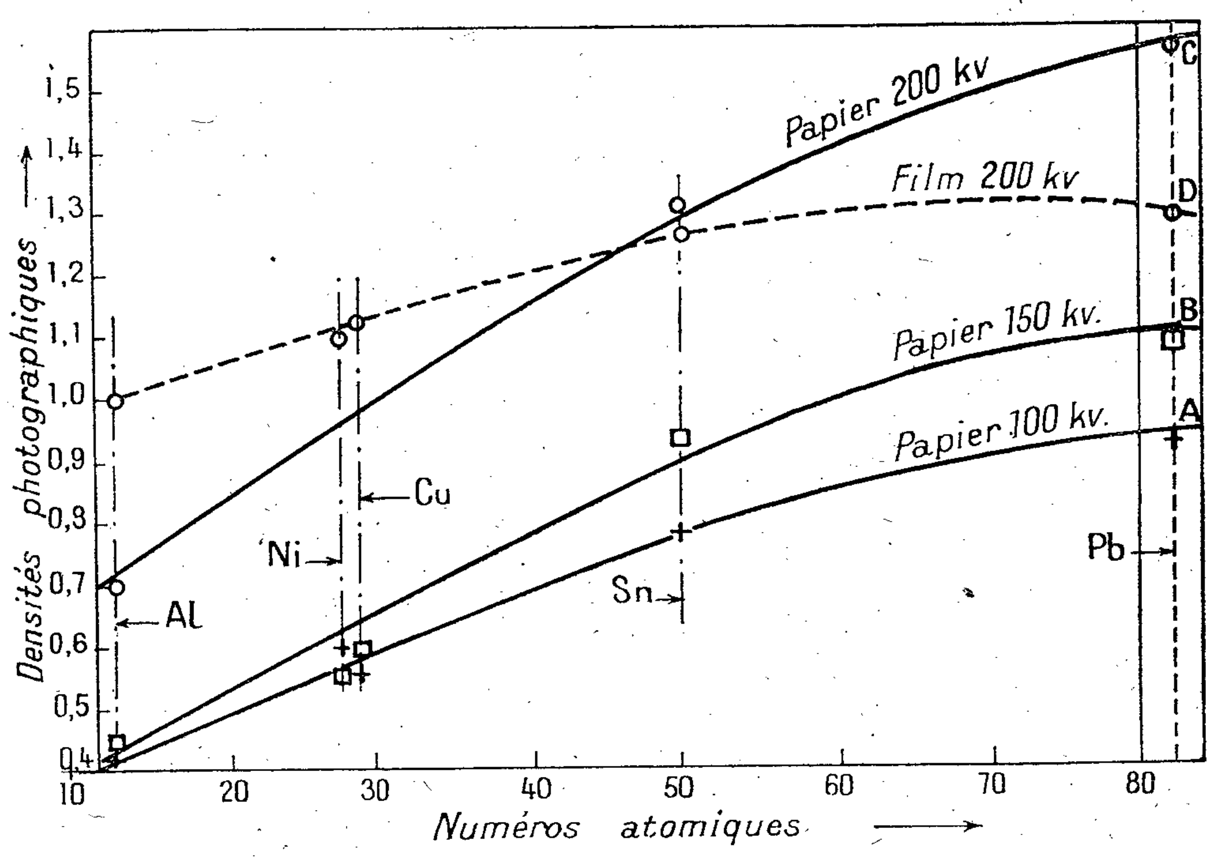



Fig. 2.

Des résultats analogues sont obtenus, avec cependant moins de netteté, sur des films de faible sensibilité, destinés à la reproduction (courbe D). L'inclinaison plus faible de la courbe D, relative au film, s'explique aisément par le fait que celui-ci est plus rapide et moins contrasté que le papier au chlorure d'argent.

Il ressort de ces expériences que la densité croît rapidement avec le numéro atomique de l'élément radiateur; on peut donc, grâce à cette propriété, augmenter indirectement la sensibilité d'émulsions photographiques, et en étendre les possibilités d'emploi; c'est ainsi que j'ai pu obtenir des radiographies avec des temps de poses acceptables, en employant simplement un film à une couche d'émulsion ou même un papier photographique, à condition de disposer, contre la couche sensible, une feuille de plomb agissant comme écran renforçateur par émission d'électrons.

Ces expériences confirment que l'action des écrans métalliques en plomb, préconisés depuis quelque temps pour la technique radiographique industrielle, est due en grande partie au phénomène photoélectrique.

2. Je signalerai, pour terminer, une expérience qui complète celles signalées dans mes deux précédentes Notes ([1]).

Un cliché quelconque est placé dans le fond d'un châssis photographique ordinaire dont le verre a été remplacé par un celluloïd noir. Un papier photo-

---

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 223.

graphique est disposé contre le cliché, sa face sensible en contact avec l'image argentique. L'ensemble est exposé aux rayons X durs, comme en microradiographie par réflexion, c'est-à-dire que les rayons X traversent d'abord le celluloïd, puis le papier, et enfin le cliché. Les photoélectrons émis par l'argent de l'image du cliché viennent alors impressionner le papier photographique, qui, après développement, fournit une image identique à celle du cliché.

Il s'agit là d'un procédé inattendu de reproduction donnant une copie *directe* sans passer par un négatif; bien entendu cette application ne saurait actuellement avoir de conséquences pratiques, mais elle illustre d'une façon originale l'émission des photoélectrons sous l'action des rayons X.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption par réflexion, dans l'ultraviolet, de produits fraîchement précipités et de solutions colloïdales.* Note de M. **Alain Berton**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons ([1]) montré l'intérêt qu'il y a à utiliser les spectres d'absorption par réflexion pour obtenir les caractéristiques d'absorption, dans l'ultraviolet et le visible, de substances solides dont l'examen par transmission, sous forme de lames minces, est difficile ou impossible.

Nous avons étendu ce moyen d'investigation aux précipités et aux solutions colloïdales.

Les précipités, principalement ceux d'hydroxydes, doivent être étudiés immédiatement après leur préparation, pour éviter que des déshydratations, des carbonatations ou des oxydations se produisent au contact de l'atmosphère. Pour obtenir les spectres d'absorption par réflexion de produits fraîchement précipités, nous avons employé un tube possédant à son extrémité inférieure une fenêtre latérale constituée par une lame mince à faces parallèles en quartz. Le précipité obtenu dans le tube même s'accumule au fond de ce dernier et est illuminé par un faisceau de rayons ultraviolets provenant d'une lampe à décharge électrique dans l'hydrogène. L'inclinaison de la fenêtre plane en quartz est telle que, seule, la lumière diffusée par le précipité est analysée par le spectrographe. Le spectre d'absorption propre de l'eau mère n'influe que si celle-ci est très absorbante et si la substance ne s'accumule pas de façon suffisamment dense au fond du tube. Il est toujours indiqué de prendre le spectre d'absorption par transmission de l'eau mère sous une épaisseur de $2^{mm}$.

Nous avons examiné plusieurs précipités d'hydroxydes par cette méthode ([2]) et suivi plus particulièrement le comportement de l'hydroxyde stannique au sein de son eau mère. La précipitation du sulfure de zinc a également été étudiée.

([1]) Billy et Berton, *Comptes rendus*, 206, 1938, pp. 1631 et 1958.
([2]) Berton, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 625.

Dans le cas de l'hydroxyde stannique, obtenu en précipitant complètement par l'ammoniaque une solution aqueuse à 10 % de chlorure stannique, le gel blanc formé présente un spectre différent du même produit laissé cinq heures dans son eau mère (limites des bandes d'absorption continues, 2900 Å et 3320 Å respectivement; cette dernière est la même que celle de la cassitérite ou $O^2Sn$ anhydre cristallisé). Le phénomène s'explique par la déshydratation du précipité, le produit final étant de l'oxyde stannique anhydre, ce qui est en accord avec les résultats obtenus par plusieurs auteurs au moyen des spectres de diffraction de rayons X et par Pascal ([3]) à partir de mesures de susceptibilité magnétique.

Dans le cas du sulfure de zinc, précipité par l'hydrogène sulfuré dans une solution aqueuse d'acétate de zinc à 10 %, nous avons aussi observé une différence entre les spectres du produit fraîchement obtenu (limite de la bande continue d'absorption 3000 Å) et ceux du même produit après quelques minutes d'existence (limite 3300 Å, correspondant à la blende ou S Zn cubique). On peut supposer que le sulfure de zinc fraîchement précipité, dans les conditions de l'expérience, serait hydraté, l'eau d'hydratation ayant généralement pour effet de reculer la limite d'absorption continue vers les courtes longueurs d'onde.

Le degré de dispersion des précipités fraîchement obtenus pourrait aussi expliquer la différence observée entre les spectres. Dans le visible, certaines solutions colloïdales présentent en effet des variations de couleur dépendant de la grosseur des micelles. Néanmoins les spectres d'absorption par réflexion dans l'ultraviolet d'une solution colloïdale et d'un gel de sulfure de zinc, préparés par nous-même ([4]), correspondent au spectre de la blende, à la limite près de la précision avec laquelle sont obtenues les caractéristiques d'absorption ($\pm$ 50 Å). Indiquons, d'autre part, que les spectres d'absorption par réflexion de solutions colloïdales d'argent présentent le même minimum de pouvoir réflecteur que l'argent métallique (3200 Å). Les micelles colloïdales sont donc constituées, dans les deux cas cités, par des particules cristallines soit de sulfure de zinc, soit d'argent, ce qui est d'ailleurs en accord avec les résultats antérieurement obtenus au moyen des spectres de diffraction de rayons X.

La méthode que nous venons de décrire permet d'obtenir d'une façon commode, par réflexion, les spectres d'absorption, dans l'ultraviolet, de précipités ou de solutions colloïdales. Nous avons observé, en fonction de l'âge des précipités, des différences dans les spectres, pour l'hydroxyde stannique et le sulfure de zinc, ce qui peut s'expliquer, dans ces cas, par une déshydratation au sein des eaux mères.

---

([3]) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1063.

([4]) A partir du sulfate de zinc ammoniacal (solution à 10 % de $SO^4Zn.7OH^2$) : le sulfure est précipité par $SH^2$, lavé, remis en suspension dans l'eau et celle-ci est saturée de $SH^2$.

Les spectres d'absorption par réflexion peuvent donc présenter de l'intérêt pour suivre le processus d'une précipitation et déceler la formation de composés intermédiaires à vie brève, les temps de pose, avec un spectrographe lumineux, variant de une à quelques minutes suivant le pouvoir réflecteur de la substance considérée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur la décharge des ions* $N_3^-$ *et* $OH^-$ *en solutions d'azotures.* Note de M. **Edgar-T. Verdier**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Avec R. Audubert [1], j'ai montré que l'électrolyse d'une solution d'acide azothydrique ou d'azoture de sodium s'accompagne d'une émission de lumière ultraviolette, dont seule l'anode est le siège. L'intensité, $\Delta N$, de ce rayonnement, mesurable au moyen de compteur photoélectrique, varie avec le potentiel, V, de l'anode et l'intensité, I, du courant suivant une loi de la forme $\Delta N = KI e^{bV}$.

On peut retrouver cette relation en admettant que l'activation des ions $N_3^-$, par le champ électrique, sous forme d'énergie cinétique, doit intervenir dans l'énergie d'activation du radical formé à la décharge, celui-ci pouvant ultérieurement participer à des réactions secondaires photogéniques. S'il en est ainsi, la relation précédente doit s'écrire, en explicitant la valeur de la constante K,

$$\Delta N = k K_A e^{-\frac{W}{RT}} e^{bV} I,$$

où $K_A$ est un facteur dépendant de l'absorption optique dû principalement aux vapeurs de $N^3H$ toujours présentes au voisinage des solutions de cet acide et même de ses sels [2], et W l'énergie d'activation de la réaction photogénique.

C'est dans le but de vérifier cette équation qu'il m'a paru intéressant d'étudier la variation du rayonnement avec la température.

Le dispositif expérimental était le même que celui déjà décrit [1], le vase à électrolyse étant disposé dans un thermostat.

On peut ainsi obtenir des séries de courbes représentant la variation du rapport $\Delta N/I$ en fonction de la température pour différents potentiels de l'anode. Ces résultats permettent de calculer les valeurs de $b$ et de $K = kK_A e^{-W/RT}$ entre 1°C et 40°C.

D'un autre côté la détermination au moyen d'un compteur de l'absorption moyenne, pour le rayonnement émis, d'une couche gazeuse, située entre $10^{cm}$ et $5^{cm}$ de l'anode, permet d'atteindre (en admettant à titre de première approximation une répartition uniforme des vapeurs de $N^3H$ au-dessus de la surface libre de l'électrolyte) l'absorption totale de l'atmosphère entre l'anode et le compteur et sa variation avec la température.

---

(1) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1984.

(2) E.-T. Verdier, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 617.

A partir de ces données, il est alors possible de tracer la courbe

$$\log \frac{K}{K_A} = f\left(\frac{1}{T}\right).$$

Celle-ci présente, contrairement à ce que l'on pouvait attendre, deux portions rectilignes séparées par une brusque discontinuité, située entre 12°C et 18°C, correspondant à une augmentation dans la valeur de $\log(K/K_A)$. Les pentes de ces deux droites donnent des énergies d'activation de $9500^{cal}$ (0°C à 12°C) et $5500^{cal}$ (18°C à 40°C).

Nous avons admis que le courant total, I, traversant la solution, était égal au courant, $I_{N_3^-}$, dû uniquement à la décharge des ions $N_3^-$. Or le fait ([3]) que les rapports volumétriques des masses libérées aux électrodes lors de l'électrolyse d'une solution d'azothydrate ne sont pas toujours dans la proportion de $3N^2$ et $H^2$ indique qu'il n'en est pas ainsi; en fait $I = I_{N_3^-} + I_{OH^-}$, où $I_{OH^-}$ est le courant dû aux ions $OH^-$ en solution.

C'est pourquoi, d'une façon plus générale, nous devons écrire

$$\Delta N = k K_A e^{-\frac{W}{RT}} e^{bV} I_{N_3^-} \quad \text{ou encore} \quad \frac{\Delta N}{I} = k K_A e^{-\frac{W}{RT}} e^{bV} \frac{I_{N_3^-}}{I_{N_3^-} + I_{OH^-}}.$$

Si l'on remplace $I_{N_3^-}$ et $I_{OH^-}$ par leurs valeurs tirées des équations générales de l'électrolyse données par R. Audubert ([4]), on obtient la relation

$$(1) \qquad \frac{\Delta N}{I} = k K_A e^{-\frac{W}{RT}} e^{bV} \frac{1}{1 + \frac{k'[OH^-]}{k_0[N_3^-]} e^{\frac{w_0 - w'}{RT}} e^{(\alpha' - \alpha_0)\frac{FV}{RT}}},$$

où $k_0$ et $k'$ sont deux constantes, $w_0$ et $w'$ les énergies d'activation nécessaires pour décharger les ions $N_3^-$ et $OH^-$ respectivement, $\alpha_0$ et $\alpha'$ les facteurs de transmission de l'énergie cinétique de ces deux ions.

L'étude mathématique de cette courbe montre que le rapport $\Delta N/I$ doit passer par un maximum en fonction de la température pour un potentiel constant de l'anode, ce qui est en accord avec les résultats expérimentaux.

D'autre part dans les cas limites où $I_{N_3^-} \gg I_{OH^-}$ et où $I_{N_3^-} \ll I_{OH^-}$, l'équation (1) peut s'écrire successivement

$$(2) \qquad \frac{\Delta N}{I} = k K_A e^{-\frac{W}{RT}} e^{bV},$$

$$(3) \qquad \frac{\Delta N}{I} = k K_A e^{-\frac{W}{RT}} e^{-\frac{w_0 - w'}{RT}} e^{bV} e^{(\alpha_0 - \alpha')\frac{FV}{RT}}.$$

L'on voit ainsi que, suivant le domaine considéré, l'énergie d'activation calculée par la méthode précédemment indiquée différera de $(w_0 - w')$. D'après les quelques mesures faites sur la surtension des ions $N_3^-$ et $OH^-$ ([4]), il est

---

([3]) E. Briner et P. Winkler, *Journ. Chim. Phys.*, **20**, 1923, p. 211.

([4]) R. Audubert, *Journ. Phys. et de Radium*, 8e série, **3**, 1942, p. 81; R. Audubert et E.-T. Verdier, *Journ. Chim. Phys.*, **39**, 1942, p. 48; *Comptes rendus*, **213**, 1942, p. 870.

vraisemblable que ce facteur est positif et de l'ordre de $2000^{cal}$ à $3000^{cal}$, valeur nettement comparable à la différence ($4000^{cal}$) entre les deux énergies d'activation obtenues plus haut.

En résumé ces résultats confirment d'une part les hypothèses formulées plus haut, et d'autre part ils nous révèlent comment, dans une solution d'azothydrate, les ions $OH^-$ seuls sont déchargés à des températures inférieures à 12°C, alors qu'au-dessus de 18°C se sont uniquement les ions $N_3^-$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Entraînement de l'ion phosphorique dans la précipitation du sulfate de baryum.* Note [1] de M. **Paul Pierron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le sulfate de baryum entraîne fréquemment avec lui pendant sa précipitation une fraction des sels contenus dans la solution. Ces impuretés sont en général fixées très solidement sur le précipité et résistent à tout essai de dissolution. La nature de cette fixation a, jusqu'ici, été peu étudiée; en tout cas dans la littérature, on semble croire à une adsorption.

Nous avons constaté qu'en précipitant une solution d'acide sulfurique normal en présence d'acide phosphorique, l'entraînement obtenu était particulièrement intense, alors qu'une solution d'acide phosphorique reste limpide en présence de chlorure de baryum. L'analyse de l'impureté entraînée, alors suffisamment précise, nous a permis de constater des faits capables d'éclairer cette question.

En vue de cette analyse, le précipité est soumis à une fusion alcaline; le produit fondu, épuisé à l'eau chaude, donne une solution, qui, filtrée, est divisée en deux fractions : l'une, acidifiée par une solution nitrique de nitrate d'argent, permet de noter l'absence de chlore ou sa présence à l'état de traces impondérables; l'autre, après acidification par l'acide chlorhydrique et précipitation par le chlorure de baryum, permet de doser la quantité d'acide sulfurique réellement présente; le filtrat restant sert au dosage de $P^2O^5$ par la méthode de double précipitation de Way au molybdate.

La solution sulfurique contient $10^{cm^3}$ de $SO^4H^2N$, $10^{cm^3}$ de $PO^4H^3$ à 60 %, $200^{cm^3}$ d'eau, $1^{cm^3}$ de ClH pur.

*a.* Quand elle est précipitée à l'ébullition par $20^{cm^3}$ de $Cl^2Ba$ N, ajoutés en une seule fois, refroidie aussitôt et filtrée, l'impureté entraînée est constituée par $(PO^4)^2Ba^3$, sa teneur en $P^2O^5$ est 23 ou 24 % et sa proportion dans le précipité atteint 20 %. Il faut noter que, si la filtration est précédée d'une ébullition de 30-40 minutes, la teneur en $P^2O^5$ de l'impureté baisse et atteint 21 à 22 % (léger excès d'ion baryum); sa proportion dans le précipité est 13 à 14 %.

---

(1) Séance du 18 janvier 1943.

*b*. Si la solution est précipitée à l'ébullition avec $20^{cm^3}$ de $Cl^2BaN$ ajoutés goutte à goutte en 15 minutes, et bouillie encore 15 minutes avant filtration, le produit entraîné a une teneur en $P^2O^5$ assez basse : 14 à 15 % (gros excès d'ion baryum par rapport à $P^2O^5$). Sa proportion dans le précipité est de 4 à 6 %. Mais, si on limite l'action de l'acide bouillant en ralentissant l'addition de $Cl^2Ba$, supprimant l'ébullition subséquente, ou bien en diluant la liqueur, l'impureté est souvent $(PO^4)^2BaH^4$ (teneur en $P^2O^5$, 43 %); le précipité en contient 9 à 10 % ; une certaine irrégularité est cependant à noter dans l'obtention de ce résultat.

*Interprétation de ces faits.* — Les sels entraînés ne préexistent pas dans la solution, donc l'hypothèse de l'adsorption est à éliminer. La fixation ne peut être due qu'à une véritable combinaison, telle que (I) quand $Cl^2Ba$ s'est trouvé en excès comme dans les essais *a*, ou (II) quand $Cl^2Ba$ s'est trouvé en défaut (essais *b*, 2e série).

(I) $Ba{=}PO^4{-}Ba{-}SO^4{-}Ba({-}SO^4{-}Ba{-})^{n-1}{-}PO^4{=}Ba$, soit $(PO^4)^2Ba^3, (SO^4Ba)^n$,

(II) $H^2{=}PO^4{-}Ba{-}SO^4{-}Ba({-}SO^4{-}Ba{-})^{m-1}{-}PO^4{=}Ba$, soit $(PO^4)^2BaH^4, (SO^4Ba)^m$.

L'ébullition subséquente a eu pour effet de provoquer une hydrolyse de ces complexes, hydrolyse beaucoup plus facile dans le second cas que dans le premier (essais *b*, 1re série), mais jamais totale, parce que les parties les plus profondes du précipité sont probablement soustraites à l'action hydrolysante du milieu; la grosseur des grains et les conditions physiques de la précipitation (agitation en particulier) ont donc probablement une influence sur la régularité de certains résultats.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Un nouveau type de faisceau annulaire dans la feuille cotylédonaire de* Libocedrus decurrens. Note de M. **Édouard Boureau**, présentée par M. Louis Blaringhem.

1. *Au sommet de l'hypocotyle* et à la base des cotylédons du *Libocedrus decurrens* l'appareil conducteur apparaît sous la forme d'un faisceau libéro-ligneux aplati dorso-ventralement comme le limbe foliaire lui-même ([1]). Le xylème superposé de ce faisceau est renouvelé grâce à l'activité des cloisonnements d'une assise génératrice et par des résorptions bien marquées, facilement colorables au brun Bismarck. Ainsi que nous l'avons montré ([2]), le faisceau est accompagné latéralement par quelques grandes cellules lignifiées isodiamétriques, les hydrocytes d'un tissu de transfusion, que l'on a souvent confondus avec des vaisseaux du bois. Mais fréquemment elles montrent leurs cloisons horizontales en coupe transversale, ornées de ponctuations de forme variable.

---

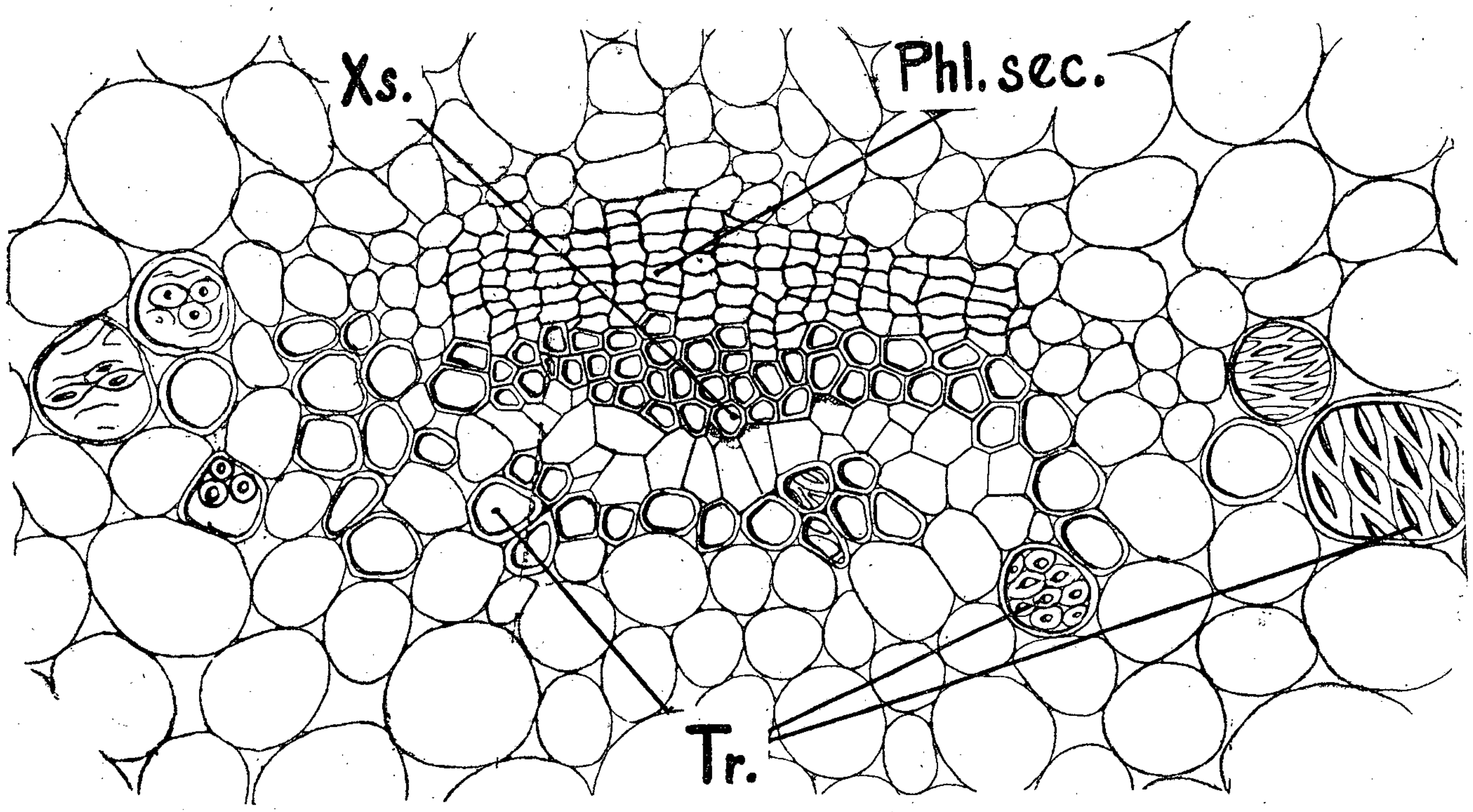
([1]) Édouard Boureau, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 2e série, 1939, fig. 42, 48.

([2]) *Loc. cit.*, fig. 49.

D'abord réticulées, elles sont ensuite aréolées. D'ailleurs, on observe à un même niveau, toute la série des intermédiaires entre ces deux types de ponctuations.

Le faisceau ligneux de xylème superposé a un rôle essentiellement conducteur et distributeur de sève par la face accolée au liber. Par l'autre face, aucun échange d'eau ne se produit avec le parenchyme. La disparition par résorption des vaisseaux primitifs s'y oppose en intercalant une surface lignifiée fortement colorable et constituée par les vestiges aplatis et resserrés des vaisseaux en voie de disparition. Par contre, des échanges d'eau s'effectuent encore par la partie latérale du faisceau ligneux avec la bande du tissu de transfusion, ces hydrocytes accumulant l'eau et régularisant les tensions osmotiques cellulaires ([3]).

2. *Vers l'extrémité du cotylédon*, les hydrocytes se multiplient, tant sur les côtés du faisceau libéroligneux, qu'au-dessous (voir la figure). Il se forme ainsi




*Libocedrus decurrens* Torr. Portion de coupe transversale de l'extrémité de la feuille cotylédonaire. Xs., Xylème superposé; Phl. sec., Phloème secondaire; Tr., Tissu de transfusion.

un faisceau *annulaire* dont la partie centrifuge est constituée par le faisceau de xylème superposé au liber et la portion centripète par le tissu de transfusion. Comme cela se retrouve dans les feuilles des Cycadées, les hydrocytes de la portion centripète sont les plus petits et rappellent les vaisseaux de xylème, mais ils ne sont nullement comparables aux vaisseaux alternes centripètes de l'hypocotyle ou de la racine. Le terme *xylème centripète* est impropre pour désigner de tels éléments extraligneux. Alors que le xylème centripète est

---

([3]) *Loc. cit.*, p. 30.

toujours le prolongement direct du xylème alterne de racine et contribue avec lui à la conduction ascendante de la sève brute, les éléments centripètes du tissu de transfusion apparaissent en un point déterminé du végétal, sans continuité avec les éléments de xylème centripète situés au-dessous, jouant ainsi un rôle évidemment très différent. De plus, au cours du développement, le xylème centripète apparaît toujours avant les éléments de xylème centrifuge, alors que le tissu de transfusion, nettement surajouté à l'appareil conducteur proprement dit, apparaît pendant et après leur différenciation. On constate donc qu'il s'agit d'éléments très différents tant par leur origine que par la fonction qu'ils assurent.

Ajoutons qu'à ce niveau on ne trouve que de rares vestiges de vaisseaux primitifs résorbés. Les échanges d'eau peuvent donc se faire par la partie primitive du faisceau ligneux avec les hydrocytes voisins et avec le parenchyme.

3. Il s'agit donc ici d'un type nouveau de faisceau *annulaire*, différent du faisceau *annulaire* de la jeune radicule des Pins. Les éléments surajoutés du tissu de transfusion contribuent également à lui donner son aspect annulaire, mais sa partie vasculaire appartient à une autre phase de l'évolution. Il n'est pas non plus comparable aux faisceaux excentriques de l'*Asteroxylon* ou aux faisceaux annulaires que l'on peut observer à un niveau inférieur, au milieu de l'hypocotyle de la même plantule de *Libocedrus* (⁴). Enfin il a le grand intérêt de posséder une formation analogue à celle du faisceau de la feuille des Cycadées.

La séance est levée à 16h.

L. B.

(4) Édouard Boureau, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 88, décembre 1941.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 1er FÉVRIER 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** adresse ampliation de l'arrêté, en date du 28 janvier 1943, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Albert Pérard** pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Alexandre Desgrez*.

Il est donné lecture de cet arrêté.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Albert Pérard** prend place parmi ses Confrères.

M. **Auguste Lumière** fait hommage à l'Académie d'une collection des Ouvrages, Mémoires et Articles divers publiés par lui au cours de sa carrière scientifique.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Audubert et Marguerite Quintin. *Électrochimie. Les principes.*

2° Gaston Portevin. *Ce qu'il faut savoir des reptiles et batraciens de France* (présenté par M. A. Chevalier).

3° Henri Tillé et André Couadau. *Atlas clinique d'ophtalmoscopie photographique. Syndromes cliniques du fond de l'œil* (*Clinical Atlas of Fundus Photographies*) (présenté par M. A. de Gramont).

ARITHMÉTIQUE. — *Équivalence de certaines variétés unicursales.* Note de M. **François Châtelet**, présentée par M. Gaston Julia.

1. J'ai étudié ([1]) l'équivalence, au sens de Poincaré, des courbes de genre 1. J'ai, pour cela, employé une méthode qui peut être étendue à l'équivalence,

---

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1532; 212, 1941, p. 320.

dans un corps $\rho$ de coefficients, des variétés les plus générales de la façon suivante : je considère, dans le corps $\rho$, deux variétés (F) et (F′) entre lesquelles existe une correspondance de Poincaré (²) *à coefficients algébriques par rapport à* $\rho$, et je choisis une variété *de référence* (A) qui puisse être déduite de (F), donc aussi de (F′), par une correspondance de Poincaré à coefficients algébriques par rapport à $\rho$. La recherche des correspondances de Poincaré *à coefficients dans* $\rho$ entre (F′) et (F) peut alors être remplacée par celle des solutions d'un *système d'équivalence* entre ces variétés. Ce système est un ensemble de relations entre des correspondances de Poincaré sur (A) à coefficients dans une certaine extension finie $k$ de $\rho$; correspondances dont les unes sont les *inconnues* et les autres sont déterminées par les variétés (F), (F′), (A). En particulier, pour que (F) et (F′) soient équivalentes dans $\rho$, il faut et il suffit que le système d'équivalence ait au moins une solution.

2. Les correspondances de Poincaré d'un hyperespace $(E_s)$ à $s$ dimensions sont les transformations homographiques non dégénérées sur cet hyperespace; transformations qu'on peut représenter par des matrices carrées d'ordre $s+1$ et régulières (c'est-à-dire dont le déterminant n'est pas nul).

Si deux variétés (F) et (F′) admettent des représentations de Poincaré [3] de dimension $s$ à coefficients algébriques par rapport à $\rho$, je puis former un système d'équivalence dans $\rho$ entre (F′) et (F) en utilisant l'hyperespace $(E_s)$ comme variété de référence. Le système ainsi obtenu est un ensemble de relations entre les transformations homographiques sur $(E_s)$, ou encore entre les matrices qui les représentent. J'ai montré, en particulier, que les solutions d'un système d'équivalence dans $\rho$ entre F et elle-même peuvent être représentées par les éléments réguliers d'une *algèbre normale et simple*, au sens de Wedderburn et Dickson [4]. L'algèbre $(O)$ ainsi associée à la variété (F) possède la propriété suivante : pour que deux variétés (F) et (F′) soient équivalentes dans $\rho$, il faut et il suffit que les algèbres $(O)$ et $(O')$ qui leur sont associées soient isomorphes.

L'étude de l'équivalence des variétés précédentes est ainsi ramenée à celle des algèbres normales et simples auxquelles R. Brauer a consacré d'importants Mémoires. C'est pourquoi j'appelle les variétés (F) et (F′) des *variétés de Brauer*.

3. Les résultats connus de la théorie des algèbres permettent d'établir plusieurs propriétés des variétés de Brauer. C'est ainsi notamment que j'ai obtenu le dernier théorème de la Note déjà citée (²). J'énonce encore quelques autres résultats importants :

---

(²) Cette notion et celle de l'équivalence au sens de Poincaré ont été définies dans ma dernière Note des *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 142.

(³) J'ai défini ces représentations dans une Note déjà citée (remarque 2).

(⁴) La définition et les propriétés des algèbres normales et simples sont données notamment dans L. E. Dickson, *Algebren und ihren Zahlentheorie*, Zurich, 1927, ou M. Deuring, *Algebren*, Berlin, 1935.

Si une variété de Brauer de $\rho$ admet un point *simple* dans $\rho$, elle admet une représentation de Poincaré dans $\rho$. Ainsi la recherche des points simples de $\rho$ sur une variété de Brauer (F) de $\rho$ est équivalente à celle des représentations de Poincaré de (F) dans $\rho$, donc encore à un problème classique sur l'algèbre associée à (F) dans $\rho$. Je fais toutefois remarquer que la recherche des points de $\rho$ sur (F) exige en outre celle des points de $\rho$ sur la variété des points multiples de F.

Toutes les variétés de Brauer de même dimension du corps des restes, module $p$, ou plus généralement d'un champ de Galois $\rho$, sont équivalentes entre elles dans $\rho$.

Pour que deux variétés de Brauer d'un corps de nombres algébriques fini $\rho$ soient équivalentes entre elles dans $\rho$, il faut et il suffit qu'il en soit ainsi dans toute extension $\mathfrak{p}$-adique de $\rho$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une notion nouvelle de capacité d'un ensemble.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Paul Montel.

Soient $\mathcal{E}$ un ensemble borné quelconque et $\mu$ une distribution positive dans l'espace, de potentiel $v$ borné sur la fermeture $\mathcal{E}_0$ de $\mathcal{E}$.

*On appelle capacité-$v$ de $\mathcal{E}$ la borne supérieure des charges positives que peut soutenir $\mathcal{E}$ sans que son potentiel surpasse $v$ sur $\mathcal{E}$. Elle ne dépend que des valeurs de $v$ sur $\mathcal{E}$.*

Cette définition, analogue à celle donnée par M. de La Vallée Poussin de la capacité ordinaire, montre que cette dernière est un cas particulier de la précédente, celui où $v=1$. La capacité $v$ coïncide avec la notion de *masse de $\mu$ balayée sur $\mathcal{E}$* que nous avons déjà donnée (¹) sans en apercevoir la véritable nature. Désignons par $C_v$ la capacité-$v$; $c_1$ est alors la capacité ordinaire que l'on continuera d'appeler capacité, tout court. Si $\mathcal{E}$ est *fermé*, $C_v$ est la masse issue du balayage de $\mu$ sur $\mathcal{E}$, et l'on appellera *capacitaire-$v$* la *distribution* donnée par cette opération. Elle est *unique*; son *potentiel*, à p. p. p. égal à $v$ sur $\mathcal{E}$, sera dit *capacitaire-$v$* de $\mathcal{E}$.

Afin de pouvoir définir les notions analogues relativement à $\mathcal{E}$ *non fermé*, il faudra d'abord préciser la classe des distributions qui interviendront dans les raisonnements en tenant compte d'une évidente *exigence de compacité*. Nous y arriverons en leur imposant *l'invariant* propre à toute distribution sur $\mathcal{E}$.

Définition. — *Toute distribution positive $\mu$ sur $\mathcal{E}_0$, limite de telles distributions $\mu_n$ soutenues par une suite de sous-ensembles fermés de $\mathcal{E}$ dont chacun contient le précédent et dont les potentiels sont inférieurs à celui de $\mu$, est dite de la classe* (C) *et considérée comme étant relative à $\mathcal{E}$.*

---

(¹) *Comptes rendus*, **215**, 1942, pp. 296 et 317.

*Une distribution de signe quelconque de cette classe est définie comme différence de deux distributions positives de* (C).

L'*individualité de* $\mathcal{E}$ étant ainsi sauvegardée malgré l'introduction nécessaire de sa fermeture $\mathcal{E}_0$, nous dirons qu'*une distribution positive est capacitaire-$v$ pour $\mathcal{E}$ si elle appartient à la classe* (C), *si sa masse totale est égale à la capacité-$v$ de $\mathcal{E}$ et si son potentiel capacitaire-$v$ est égal à $v$ aux points réguliers de $\mathcal{E}$* (*donc à p. p. p. sur* $\mathcal{E}$). Ces notions contiennent comme cas particuliers celles relatives à $\mathcal{E}$ fermé.

Notre but est de démontrer l'*existence* et l'*unicité* de la distribution capacitaire-$v$ de $\mathcal{E}$. Du même coup le *balayage de $\mu$ sur $\mathcal{E}$ sera défini.*

Les résultats suivants nous y mèneront progressivement :

Étendons d'abord une notion de M. de La Vallée Poussin ([2]). Soient P un point régulier de $\mathcal{E}$ (donc d'un sous-ensemble E fermé de $\mathcal{E}$), $\gamma_\rho$ une sphère ouverte de centre P et de rayon $\rho$, $\mu$ une distribution positive dans l'espace de potentiel $v$ borné sur $\mathcal{E}_0$. On démontre que :

$W_\rho$ *étant le potentiel capacitaire-$v$ de* $E - \gamma_\rho E$ *et $\alpha$ un nombre positif donné, on a* $W_\rho(P) > v(P) - \alpha$ *dès que $\rho$ est assez petit.*

On dira, si cette inégalité a lieu pour $\rho \leqq \varepsilon$ (et pour E), que P *est d'ordre $\varepsilon$ relativement à $\alpha$.*

Il en résulte que l'ensemble des points de $\mathcal{E}$ d'ordre $\varepsilon$ contient celui des points d'ordre $\eta$ si $\eta > \varepsilon$.

Théorème I. — *On peut extraire de $\mathcal{E}$ un sous-ensemble fermé* F *dont le potentiel capacitaire-$v$ surpasse $v - k\alpha$* ($k > 1$) *en tous les points de $\mathcal{E}$ d'ordre $\varepsilon$ relativement à $\alpha$, si $\alpha < m$, minimum,* que l'on sait être positif, *de $v$ sur $\mathcal{E}_0$, et $k\alpha < m$.*

*Suites fondamentales d'ensembles de $\mathcal{E}$.* — On appellera ainsi toute suite d'ensembles fermés de $\mathcal{E}$ allant en augmentant dont les potentiels capacitaires-$v$ tendent (évidemment en croissant) vers $v$ aux points réguliers de $\mathcal{E}$.

Si F correspond à $\varepsilon_i$ et $\alpha_j$ dans le théorème précédent, la suite des

$$\mathcal{E}_n = \sum_{i,j \leqq n} F_j^i$$

est fondamentale. On en obtiendra d'autres en ajoutant à $\mathcal{E}_n$ l'ensemble $E_n$ fermé d'une suite de $\mathcal{E}$ allant en augmentant.

Théorème II. — *Soit, sur $\mathcal{E}_0$, une distribution positive $\nu$ de la classe* (C). *Si* U *est son potentiel, $\nu_n$ désignant les distributions dont elle est la limite et* $U_n$ *les potentiels de celles-ci, alors* $U = \lim U_n$ *dans tout l'espace et l'intégrale d'énergie de $\nu$ est la limite de celles des $\nu_n$.*

Théorème fondamental III. — *Soient* $E_n$ *une suite d'ensembles fermés, uniformément bornés, allant en augmentant, $\mathcal{E}_0$ la fermeture de leur somme $\mathcal{E}$, $\alpha$ une*

---

([2]) *Bull. Acad. Belgique*, 5e série, **24**, VI-VII et XI, 1938, pp. 348 et 672.

*distribution positive dans l'espace de potentiel* V *borné sur* $\mathcal{E}_0$, $\nu_n$ *les distributions capacitaires*-V *des* $E_n$ *et* $U_n$ *leurs potentiels (capacitaires*-V).

*Les* $\nu_n$ *tendent vers une distribution limite* $\nu$ *dont le potentiel* $U = \lim U_n$ *dans tout l'espace.*

*Aux points réguliers des* $E_n$ *(donc de* $\mathcal{E}$*) on a* $V = U_n = U$ *et l'intégrale d'énergie de* $\nu$ *est la limite de celles des* $\nu_n$.

THÉORÈME IV D'EXISTENCE D'UNE DISTRIBUTION CAPACITAIRE-$v$ POUR $\mathcal{E}$. — *Soient* $\mu$ *une distribution positive dans l'espace de potentiel* $v$ *borné sur* $\mathcal{E}_0$ *et* $(\mathcal{E}_n)$ *une suite fondamentale de* $\mathcal{E}$.

*Les distributions* $\nu_n$ *capacitaires*-$v$ *des* $\mathcal{E}_n$ *tendent vers une distribution limite* $\nu$ *capacitaire*-$v$ *pour* $\mathcal{E}$ *indépendante de la suite fondamentale considérée.*

*Les capacités* — $v$ *des* $\mathcal{E}_n$ *tendent en croissant vers celle de* $\mathcal{E}$ *et les potentiels* $U_n$ *capacitaires*-$v$ *des* $\mathcal{E}_n$ *vers celui de* $\mathcal{E}$ *relatif à* $\nu$, *soit* U, *dans tout l'espace.*

*On a* $U = v$ *aux points réguliers de* $\mathcal{E}$ *(donc à p. p. p. sur* $\mathcal{E}$*).*

*Les intégrales d'énergie des* $\nu_n$ *tendent vers celle de* $\nu$ *et il en est de même des intégrales* $\int_{\mathcal{E}_0} v\, d\nu_n$, *donc de celles de Gauss*

$$\int_{\mathcal{E}_0} (U_n - 2v)\, d\nu_n.$$

Le passage de $\mu$ à $\nu$ définit le *balayage* de $\mu$ sur $\mathcal{E}$.

THÉORÈME V D'UNICITÉ ET D'EXTENSION DU PRINCIPE DU MINIMUM. — *La distribution* $\nu$ *capacitaire*-$v$ *de* $\mathcal{E}$ *du théorème précédent est la seule parmi celles, positives, de la classe* (C) *ou de signe quelconque, différences de deux distributions positives à potentiels bornés, qui minimise l'intégrale de Gauss.*

HYDRAULIQUE. — *Chambre d'équilibre à étranglement de l'usine d'Artigues. Remarque sur les fermetures linéaires.* Note [1] de M. **LÉOPOLD ESCANDE**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons déjà exposé certains résultats que nous avons obtenus dans notre laboratoire sur les chambres d'équilibre munies d'un étranglement inférieur, ainsi que dans l'étude théorique du fonctionnement de certains de ces ouvrages [2]. La Société *Lumière et Force des Pyrénées*, venant d'achever la construction de l'usine d'Artigues, de 800m de hauteur de chute, la chambre d'équilibre, à étranglement inférieur, dont nous avions fait le projet et qui avait été spécialement prévue pour l'exécution des mesures, nous a permis d'effectuer, avec M. Louis Castex, quelques expériences à l'échelle industrielle.

---

[1] Séance du 25 janvier 1943.

[2] *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 471 et 532.

Les mesures portent sur des fermetures complètes consécutives à des disjonctions, l'action automatique du régulateur des turbines étant complétée par une manœuvre manuelle très rapide. Le débit permanent initial est mesuré sur un déversoir type de Bazin, placé dans le canal de fuite. La courbe d'oscillation C du plan d'eau dans la chambre d'équilibre, de section horizontale $F = 12^{m^2},56$, est enregistrée par un limnigraphe de précision. La perte de charge $P_{W_0}$ dans le canal d'amenée, pour une vitesse $W_0$ à l'intérieur de celui-ci, est mesurée en comparant les cotes du plan d'eau dans la chambre et *les Laquets*, lac alimentant l'usine : la courbe obtenue est voisine d'une parabole, mais correspond toutefois à une puissance de la vitesse $W_0$ un peu inférieure à deux.

Nous avons effectué cinq expériences de déclenchement : pour chacune d'elles, à partir du débit initial $Q_0$, nous avons déterminé

$$Z_\star = W_0\sqrt{\frac{L}{g}\frac{f}{F}}, \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}\frac{F}{f}},$$

$L = 2064^m$ et $f = 2^{m^2},365$ représentant la longueur et la section du canal d'amenée; nous avons ensuite évalué la perte de charge relative dans le canal d'amenée

$$p_0 = \frac{P_{W_0}}{Z_\star},$$

ainsi que la perte de charge $R_0$ dans l'étranglement ($0^m,80$ de diamètre) et sa valeur relative

$$r_0 = \frac{R_0}{Z_\star}.$$

Ces éléments nous ont permis de construire graphiquement les courbes théoriques d'oscillation, en supposant la fermeture, soit instantanée (courbe $C_1$), soit réalisée suivant une loi linéaire de durée totale égale au temps effectif $\tau$ de la fermeture réalisée (courbe $C_2$).

La comparaison des courbes C, $C_1$, $C_2$, relatives aux cinq expériences effectuées, conduit aux conclusions suivantes :

*a*. Les périodes théoriques $T_H$, pratiquement égales à T, sont un peu inférieures aux périodes expérimentales $T_E$, mais l'écart reste au-dessous de 4 %.

*b*. Les amplitudes théoriques ($C_1$ et $C_2$) sont généralement un peu supérieures, en valeur absolue, aux amplitudes expérimentales (C), de telle sorte qu'il existe une marge de sécurité. Toutefois il y a exception pour la première montée, pour laquelle l'écart est pratiquement nul.

*c*. L'amplitude de la première montée peut, dans certains cas, être supérieure de quelques points pour 100, pour la courbe $C_2$ ($Z_{m_2}$), à celle de $C_1$ ($Z_{m_1}$) : ce résultat est à souligner tout particulièrement, car il est inverse de celui qu'on observe sur les chambres ordinaires, sans étranglement, pour lesquelles la durée de fermeture réduit toujours la surélévation du plan d'eau.

Le tableau ci-après donne les valeurs de $Q_0$, $\tau$, $P_{W_0}$, $R_0$, $Z_\star$, T, $T_H$, $T_E$,

$Z_m$ (amplitude mesurée de la première montée), $Z_{m_1}$ et $Z_{m_2}$, pour les cinq expériences effectuées :

| $Q_0$ (m³/sec). | $\tau$ (sec). | $P_{W_0}$ (m). | $R_0$ (m). | $Z_*$ (m). | T (sec). | $T_H$ (sec). | $T_E$ (sec). | $Z_m$ (m). | $Z_{m_1}$ (m). | $Z_{m_2}$ (m). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,745... | 20 | 0,165 | 0,229 | 1,988 | 210 | 213 | 217 | 1,73 | 1,73 | 1,72 |
| 1,440... | 40 | 0,530 | 0,855 | 3,835 | 210 | 212 | 218 | 3,03 | 3,04 | 3,01 |
| 1,735... | 25 | 0,757 | 1,240 | 4,630 | 210 | 210 | 218 | 3,46 | 3,51 | 3,53 |
| 2,260... | 32 | 1,228 | 2,105 | 6,030 | 210 | 210 | 222 | 4,21 | 4,22 | 4,26 |
| 2,880... | 43 | 1,970 | 3,420 | 7,680 | 210 | 212 | 219 | 4,87 | 4,88 | 5,01 |

Lorsque seront achevées les chambres de l'usine de Guchen et de l'usine du Baous, que nous avons également calculées, nous procéderons à des expériences analogues sur ces nouvelles installations.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *La matière et l'effort* (¹).
Note de M. **Christian de Carbon**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans les déformations des solides, des liquides et des corps pâteux, tout se passe comme si la matière était un continu physique à la fois élastique, plastique et visqueux, mais dont les caractéristiques varieraient d'un point à l'autre. La matière doit donc être considérée comme hétérogène.

Le temps n'intervient pas dans les déformations élastiques et plastiques. La viscosité par contre est un phénomène dépendant du temps : *un mécanisme essentiel est que toute contrainte tangentielle se relâche avec une vitesse proportionnelle à la grandeur de cette contrainte.* Ce mécanisme permet de formuler les lois de la déformation élasticovisqueuse, c'est-à-dire de relier les composantes $u$, $v$, $w$ du déplacement aux composantes $\sigma_x$, $\sigma_y$, $\sigma_z$, $\tau_{yz}$, $\tau_{zx}$, $\tau_{xy}$ de l'effort et au temps $t$. Les axes étant trirectangulaires, nous désignons par $\sigma_x$ la pression normale au plan d'équation $x=$ const. et par $\tau_{yz}$ la composante parallèle à $Oy$ de la contrainte qui s'exerce sur le plan d'équation $z=$ const.

Dans ces conditions, les lois de la déformation élastico-visqueuse sont données par un système de six équations aux dérivées partielles linéaires qui, dans une substance isotrope en chacun de ses points, prennent la forme

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t\,\partial x}=\frac{1+\nu}{E}\frac{\partial\sigma_x}{\partial t}-\frac{3\nu}{E}\frac{\partial\sigma}{\partial t}+\frac{3}{2\eta}(\sigma_x-\sigma),$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t\,\partial y}=\frac{1+\nu}{E}\frac{\partial\sigma_y}{\partial t}-\frac{3\nu}{E}\frac{\partial\sigma}{\partial t}+\frac{3}{2\eta}(\sigma_y-\sigma),$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t\,\partial z}=\frac{1+\nu}{E}\frac{\partial\sigma_z}{\partial t}-\frac{3\nu}{E}\frac{\partial\sigma}{\partial t}+\frac{3}{2\eta}(\sigma_z-\sigma),$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial t\,\partial z}+\frac{\partial^2 w}{\partial t\,\partial y}=\frac{2}{G}\frac{\partial\tau_{yz}}{\partial t}-\frac{2}{\varphi}\tau_{yz},$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t\,\partial x}+\frac{\partial^2 u}{\partial t\,\partial z}=\frac{2}{G}\frac{\partial\tau_{zx}}{\partial t}-\frac{2}{\varphi}\tau_{zx},$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t\,\partial y}+\frac{\partial^2 v}{\partial t\,\partial x}=\frac{2}{G}\frac{\partial\tau_{xy}}{\partial t}-\frac{2}{\varphi}\tau_{xy}.$$

(¹) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 241.

E, G et $\nu$ sont respectivement le module de Young, le module de Coulomb et le coefficient de Poisson. Ce sont des coefficients locaux, c'est-à-dire des fonctions des coordonnées $x, y, z$ du point considéré, car la matière est hétérogène.

$\eta$ et $\varphi$ sont aussi deux coefficients locaux reliés par la relation $\eta = 3\varphi$, $\sigma$ est égal à $1/3(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$.

On voit que ces équations n'introduisent qu'un seul coefficient nouveau, $\eta$, qui, jouant un rôle analogue au module d'élasticité E peut être appelé *module de viscosité*. Quant à $\varphi$, il correspond de même au module de Coulomb G; il se confond d'ailleurs avec le coefficient de frottement intérieur qui figure dans la théorie classique des liquides visqueux.

La relation $\eta = 3\varphi$ signifie que l'écoulement visqueux se fait à volume constant; le coefficient de Poisson n'a donc pas d'analogue dans les équations de la viscosité.

On voit sur les équations précédentes que la viscosité introduit dans l'expression des composantes de la déformation des termes proportionnels à l'effort comme ceux de l'élasticité. Or l'influence de la plasticité s'exprime par des termes de troisième ordre et d'ordre supérieur. Il en résulte que, lorsque les efforts sont importants et lorsque la rupture ne survient pas trop tôt, les déformations plastiques sont prépondérantes par rapport aux déformations élastiques et visqueuses. Par contre, tant que les efforts restent faibles, il est légitime de négliger les effets de la plasticité. Les équations précédentes représentent donc dans ce cas les lois de la déformation de la matière.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les ondes planes de la théorie des corpuscules de spins quelconques*. Note de M. **Gérard Petiau**.

Deux points de vue sont actuellement envisagés dans la théorie des corpuscules de spins quelconques.

Dans le premier le corpuscule de spin $nh/4\pi$ est représenté par un système de $4^n$ fonctions d'ondes $\Phi_{i_1,\ldots,i_n}$ solutions simultanées de $n$ équations d'ondes de Dirac, soient

$$(1)\qquad \sum_\mu p_\mu (\gamma^\mu)_{i_r m_r} \Phi_{i_1,\ldots,m_r,\ldots,i_n} + i m_0 c \Phi_{i_1,\ldots,i_r,\ldots,i_n} = 0,$$

la solution irréductible, de spin maximum correspondant aux fonctions $\Phi_{i_1,\ldots,i_n}$, symétriques par rapport à l'ensemble des indices $i_1, \ldots, i_n$. Mais cette théorie ne permet pas simplement l'introduction d'un champ extérieur.

Cette difficulté disparaît dans le second point de vue, dans lequel $\Phi_{i_1,\ldots,i_n}$ satisfait à une seule équation obtenue en faisant la somme des $n$ équations (1), soit

$$(2)\qquad \left[\sum_\mu p_\mu \frac{1}{n} \sum_{r=1}^{n} (\gamma^\mu)_{i_r m_r}\right] \Phi_{m_1,\ldots,m_n} + i m_0 c \Phi_{i_1,\ldots,i_n} = 0.$$

Cette équation conduit à l'équation d'espace-temps

$$(3)\qquad \left[+\sum_k p_k \frac{1}{n}\left(\sum_r^{\,n} \alpha_4^{(1)}\ldots\alpha_k^{(r)}\ldots\alpha_4^{(n)}\right)+m_0 c\,\alpha_4^{(1)}\ldots\alpha_4^{(r)}\alpha_4^{(n)}\right]\Phi_{i_1,\ldots,i_n}=0 \quad (k=0,1,2,3).$$

Mais on peut voir facilement que cette équation ne permet pas de définir des solutions ondes planes, le coefficient de $p_4$ ne commutant pas avec l'opérateur du reste de l'équation.

Ces difficultés ne se présentent pas si, au lieu de prendre pour l'équation fondamentale l'équation (2), c'est-à-dire de faire la somme des $n$ équations (1) écrites en variables d'univers ($x_0=ict$, $x$, $y$, $z$), on considère les $n$ équations d'espace-temps ($t$, $x$, $y$, $z$) correspondant aux équations (1), et si l'on en fait la somme de façon à obtenir pour équation fondamentale l'équation

$$(4)\qquad \left[p_0+\sum_k p_k \frac{1}{n}\left(\sum_r^{\,n} \alpha_0^{1}\ldots\alpha_4^{(r)}\ldots\alpha_0^{(n)}\right)+m_0 c\,\frac{1}{n}\left(\sum_r^{\,n} \alpha_0^{(1)}\ldots\alpha_4^{(r)}\ldots\alpha_0^{(n)}\right)\right]\Phi_{i_1,\ldots,i_n}=0.$$

Nous allons en particulier étudier les solutions ondes planes de cette équation.

Si l'on cherche les solutions ondes planes caractérisées par un vecteur de propagation $\vec{p}$, c'est-à-dire de la forme $\Phi_{i_1,\ldots,i_n}=A_{i_1,\ldots,i_n}(t)\,e^{-\frac{2\pi i}{h}\vec{p}\vec{x}}$, les amplitudes $A_{i_1,\ldots,i_n}$ sont solutions du système

$$(5)\qquad \frac{h}{2\pi i}\,\frac{1}{c}\,\partial_t A(p,t)=-H(p)A(\vec{p},t)$$
$$=-\left[\sum_k p_k\left(\frac{1}{n}\sum_r \alpha_k^{(r)}\right)+m_0 c\left(\frac{1}{n}\sum_r \alpha_4^{(r)}\right)\right]A(p,t).$$

Pour résoudre cette équation, nous développerons la fonction $A_r(p,t)$ sur les fonctions propres de l'opérateur $H(\vec{p})$.

Écrivant $H(\vec{p})=(1/n)\,\Sigma_r h^{(r)}(\vec{p})$ avec $h^{(r)}(p)=\Sigma_k p_k\alpha_k^{(r)}+m_0 c\,\alpha_4^{(r)}$, on voit facilement en posant $(h^{(r)})^2=p^2+m_0^2c^2=\omega^2$, que les valeurs propres de $H(p)$ sont de la forme

$$\omega_r=\pm\frac{2r+1}{n}\omega \quad \text{si } n=2p+1 \quad \text{et} \quad \omega_r=\pm\frac{2r}{n} \quad \text{si } n=2p \quad \text{avec } r=0,1,\ldots,p.$$

On en déduit immédiatement les identités

$$\prod_{r=0}^{p}\left[H^2-\left(\frac{2r+1}{n}\right)^2\omega^2\right]=0 \quad \text{ou} \quad H\prod_{r=1}^{p}\left[H^2-\left(\frac{2r}{n}\right)^2\omega^2\right]=0.$$

Désignant par $A_r^{\pm}$ les fonctions propres correspondant aux valeurs propres $\omega_r$,

ces fonctions satisfont aux équations $HA_r^{\mp} = \omega_r A_r^{\pm}$, dont les solutions s'écrivent

$$A_r^{\mp} = K_r \quad (H \pm \omega_r) \prod_{\substack{0\\ s\neq r}}^{p} (H^2 - \omega_s^2) \qquad (n = 2p + 1),$$

$$A_r^{\mp} = K_r H (H \pm \omega_r) \prod_{\substack{1\\ s\neq r}}^{p} (H^2 - \omega_s^2), \qquad A_0 = K_0 \prod_{\substack{1\\ s}}^{p} (H^2 - \omega_s^2) \qquad (n = 2p),$$

ces solutions pouvant encore s'écrire

$$A_r^{\mp} = K_r \frac{n\,!}{n^n C_n^{p-r}} \left[ \sum (h_1 \mp \omega) \ldots (h^{p-r} \mp \omega)(h^{p-r+1} \pm \omega) \ldots (h^n \pm \omega) \right].$$

On obtient ainsi la solution générale $A_r^{\pm}$ sous forme d'une matrice que nous écrivons dans un double système d'indices variant sur 1 et 2 et mettant en évidence la construction de Dirac des matrices $\alpha$ en $\sigma$ et $\rho$, $(A_r^{\pm})_{i_1k_1,\ldots,i_nk_n;m_1p_1,\ldots,m_np_n}$, mais toutes les solutions correspondant aux divers groupes d'indices $m_1p_1, \ldots, m_np_n$ ne sont pas linéairement indépendantes.

La relation $A_r^{\mp} A_r^{\mp} = (\pm 1)^n (-1)^{p-r} [(2\omega)^n / n^n] (n!/C_n^{p-r}) K_r A_r^{\mp}$ permet de montrer que les solutions $A_r^{\pm}$ linéairement indépendantes peuvent s'écrire

$$(A_r^{+})_{i_1k_1,\ldots,i_nk_n;m_11,m_21,\ldots,m_n1} \quad \text{et} \quad (A_r^{-})_{i_1k_1,\ldots,i_nk_n;m_12,\ldots,m_n2};$$

on en déduit en particulier la valeur de la constante de normalisation $K_r$, soit

$$K_r = \frac{n^n}{n\,!} (C_n^{p-r})^{\frac{1}{2}} [(2\omega)^n (\omega^2 - m_0^2 c^2)^{p-r} (\omega + m_0 c)^{n-2(p-r)}]^{-\frac{1}{2}}.$$

On obtient alors facilement l'expression générale des solutions ondes planes de l'équation (4) sous la forme

$$\Phi_{i_1k_1,\ldots,i_nk_n}(t, \vec{x}) = \left[ \sum_{0}^{p}{}_r (A_r^{-})_{i_1k_1,\ldots,i_nk_n;l_12,\ldots,l_n2} A_{l_1,\ldots,l_n} e^{\frac{2\pi i}{h}\omega_r ct} + \sum_{0}^{p}{}_r (A_r^{+})_{i_1k_1,\ldots,i_nk_n;l_11,\ldots,l_n1} B_{l_1,\ldots,l_n} e^{-\frac{2\pi i}{h}\omega_r ct} \right] e^{-\frac{2\pi i}{h}\vec{p}\vec{x}}.$$

OPTIQUE. — *Étude du spectre d'absorption ultraviolet de l'iodure de potassium dans l'eau lourde et dans l'eau ordinaire.* Note de M[lle] **Jacqueline Doucet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Après les solutions de chlorure de sodium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde ([1]), il était intéressant d'étudier l'iodure de potassium qui présente une bande d'absorption entièrement située dans l'ultraviolet moyen.

J'ai déterminé entre 2040 et 3100 Å l'absorption des solutions d'iodure

([1]) J. Doucet et B. Vodar, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 996.

de potassium dans $H^2O$ de titres 0,000241, 0,000602, 0,0010018, 1/3, 2 et 5 mol-g au litre. Pour les solutions très diluées, j'ai fait varier la température de 20 à 80°. J'ai étudié entre 2040 et 2600 Å les solutions dans $D^2O$ de titres 0,0010018, 0,0231, 1/3, 2 et 5 mol-g au litre.

L'iodure est purifié par précipitation microcristalline, par l'alcool tridistillé sous l'azote, de sa solution aqueuse préalablement hydrogénée par la méthode catalytique de M. Vavon. Les titres sont déterminés par pesées. Les solutions sont préparées et étudiées sous l'azote afin d'éviter l'ion $I_3^-$ dont l'absorption est gênante.

Les épaisseurs sont comprises entre $0^{mm},001$ et $10^{cm}$. J'ai utilisé la méthode de spectrophotométrie photographique avec un montage en lumière approximativement parallèle et une cuve de Baly pour les épaisseurs supérieures à $0^{cm},05$, et un montage en lumière convergente et une cuve constituée par deux lames formant un coin d'angle variable (2) pour les épaisseurs plus faibles.

Dans ces conditions les résultats sont les suivants :

Pour les solutions dans l'eau ordinaire, comme pour les solutions dans l'eau lourde, quand la concentration augmente, la bande d'absorption se rétrécit et la longueur d'onde $\lambda_M$ correspondant au maximum $\varepsilon_M$ du coefficient d'extinction moléculaire diminue. Pour les solutions dans l'eau ordinaire :

| *c.* | $\lambda_M$. | $\varepsilon_M$. | *c.* | $\lambda_M$. | $\varepsilon_M$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,000241 N.... | 2251 Å | 11950 | 1/3 N.......... | 2234 Å | 10220 |
| 0,000602 .... | 2249 | 11350 | 2 .......... | 2228 | 9000 |
| 0,0010018 .... | 2246 | 11100 | 5 .......... | 2224 | 7250 |

Pour les solutions dans l'eau lourde :

| *c.* | $\lambda_M$. | $\varepsilon_M$. | *c.* | $\lambda_M$. | $\varepsilon_M$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,0010018 N.... | 2241 Å | 10750 | 1/3 N.......... | 2228 Å | 9700 |
| 0,0231 .... | 2234 | 10200 | 2 .......... | 2222 | 8510 |
| | | | 5 .......... | 2217 | 6800 |

La loi de Beer est loin d'être vérifiée, surtout à l'intérieur de la bande d'absorption. Pour une même longueur d'onde, ε diminue quand *c* augmente. Nos résultats sont d'accord avec ceux obtenus pour le chlorure (1) et contraires à ceux de Fromherz et Menschick (3).

Pour une concentration en iodure donnée, lorsqu'on passe de l'eau ordinaire à l'eau lourde, *la bande d'absorption se déplace vers les courtes longueurs d'onde* et se rétrécit légèrement. De plus les solutions dans l'eau lourde sont toujours plus transparentes que les solutions dans l'eau ordinaire. Par exemple les

---

(2) G. Delivré, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1942.

(3) *Z. Phys. Chem.*, 7, 1930, p. 439.

coefficients d'extinction moléculaire sont respectivement, pour les solutions dans $H^2O$ et $D^2O$ :

| pour $c$ | et $\lambda$. | | $\varepsilon$. | $\varepsilon'$. | pour $c$ | et $\gamma$. | | $\varepsilon$. | $\varepsilon'$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0010018 N | 2400 Å | ..... | 4200 | 3800 | 2 N | 2400 Å | ............. | 3350 | 3000 |
| 0,0010018 | 2150 | ..... | 5600 | 5500 | 2 | 2150 | ............. | 4950 | 4600 |
| 1/3 | 2400 | ..... | 3500 | 3400 | 5 | 2400 | ............. | 3000 | 2850 |
| 1/3 | 2150 | ..... | 5350 | 5050 | 5 | 2150 | ............. | 4680 | 4620 |

Lorsque la température augmente, *la bande d'absorption se déplace vers les grandes longueurs d'onde* et, en même temps, s'élargit un peu; pour une même concentration, la valeur maximum du coefficient d'extinction croît avec la température. Pour la solution dans $H^2O$ de concentrations :

| $c$. | $\lambda_M$. | $\varepsilon_M$. | | | $c$. | $\lambda_M$. | $\varepsilon$. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,000241 N... | 2251 Å | 11950 | à | 20° | 0,000602 N... | 2249 Å | 11350 | à | 20° |
| | 2262 | 12050 | | 40 | | 2260 | 11400 | | 40 |
| | 2275 | 12175 | | 60 | | 2270 | 11450 | | 60 |
| | 2290 | 12250 | | 80 | | 2290 | 12250 | | 80 |

Ces résultats montrent que les effets de solvant, de concentration et de température observés sur le bord de la bande d'absorption de l'ion $Cl^-$ dans les solutions de chlorure de sodium sont vraisemblablement dus à des déplacements analogues.

RAYONS COSMIQUES. — *Nouveaux clichés Wilson relatifs à la production des particules pénétrantes du rayonnement cosmique*. Note de M. **Jean Daudin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avions montré [1] comment les coïncidences entre compteurs isolés logés dans une masse de plomb devaient être au moins en partie rapportées à la projection explosive de particules pénétrantes au sein même du plomb. Depuis lors deux clichés ont été obtenus par Wollan [2] et Powell [2] parmi une dizaine de milliers pris au hasard à 4000 et 5000$^m$ d'altitude et sont venus confirmer l'hypothèse des gerbes explosives émise autrefois par Heisenberg et qui ne s'appuyait alors que sur un cliché isolé de Fussell.

En vue de relier les résultats obtenus par la technique des compteurs et la méthode Wilson, nous avons à nouveau commandé la chambre de Wilson par un montage de compteurs décrit précédemment, au cours d'une série de nouvelles expériences poursuivies dans les Hautes-Alpes à 1000 et 2400$^m$ d'altitude.

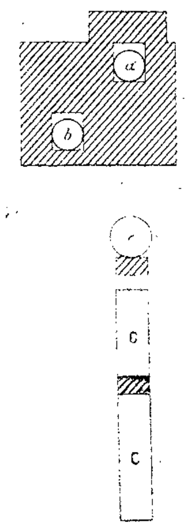
*Montage expérimental*. — Deux compteurs étaient logés dans la masse de

---

(1) P. Auger et J. Daudin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 24; J. Daudin, *ibid.*, p. 348.

(2) Wollan, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 532; Powell, *ibid.*, p. 513.

plomb, un troisième au-dessous, mais au-dessus de la chambre (*fig.* 1) sur laquelle reposait une plaque médiane de plomb de 2$^{cm}$ d'épaisseur. Lorsqu'un rayon traverse la plaque, dont l'épaisseur est de 5 unités de la théorie des cascades, sans créer de gerbes et à plus forte raison sans être dévié, il est abso-



*a*, *b*, *c*, compteurs; C, chambre de Wilson.

lument improbable qu'il soit un électron et l'on peut lui attribuer une nature pénétrante (probablement un mésoton).

*Description des clichés.* — Parmi les 600 clichés pris avec ce dispositif, nous en avons retenu 3 :

Le cliché 1 présente deux trajectoires pénétrantes peu ionisantes, non déviées à la traversée de la plaque de plomb et légèrement divergentes. L'examen stéréoscopique et l'étude géométrique font penser que ces trajectoires sont concourantes et issues d'un point du plomb situé immédiatement au-dessus du compteur supérieur.

Le cliché 2 présente trois trajectoires dont une traverse le plomb médian après avoir pénétré dans la chambre accompagnée d'un petit secondaire nettement moins ionisant. Les deux autres trajectoires ne tombent pas sur l'écran de plomb. On ne peut leur attribuer sûrement un caractère pénétrant, mais on doit remarquer qu'aucune gerbe ne paraît avoir été produite dans la plaque de plomb couvrant la chambre, et que les trois trajectoires semblent issues d'un point ou d'une petite région commune située immédiatement au-dessous du compteur supérieur au niveau du compteur latéral.

Sur le cliché 3 on remarque quatre trajectoires pénétrant dans la chambre, dont une seule tombe sur le plomb médian et le traverse. Ces trajectoires, très écartées, semblent issues d'un point ou d'une petite région commune située dans le plomb immédiatement au-dessus du compteur supérieur. Dans la partie inférieure de la chambre, quatre trajectoires sont orientées au hasard.

Deux traits entre autres distinguent ces gerbes des gerbes en cascade :

*a*. La théorie des gerbes en cascade ne prévoit que la création d'électrons ou de photons. Toute particule créée dans une telle gerbe est gerbigène ou dénuée d'énergie. Or ici, chaque fois, une ou deux particules de la gerbe traversent l'écran médian.

*b*. A la sortie d'un milieu dense les trajectoires d'une gerbe en cascade semblent diverger d'une petite région du milieu située au voisinage immédiat de la surface de séparation. Or, ici, l'origine des trajectoires semble située très loin à l'intérieur du plomb.

La dispersion insensible subie par les trajectoires au passage de la plaque de plomb médiane permet de rechercher cette zone de création, en admettant que les trajectoires sont sensiblement rectilignes depuis l'origine. La détermination de l'origine commune est effectuée à moins de $5^{cm}$ près. Elle est justifiée *a posteriori* du fait que cette origine se situe dans les trois cas à l'intérieur du plomb et dans une région très vraisemblable vue la géométrie des compteurs.

*Conclusion*. — Les coïncidences observées entre compteurs isolés et logés dans un écran massif semblent bien au moins en partie associées à la création en un point ou dans une petite zone de particules pénétrantes divergentes.

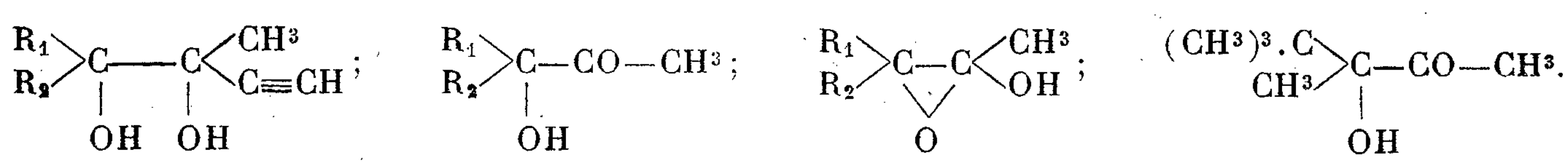
La création de particules pénétrantes, vraisemblablement des mésotons, se poursuit à une altitude aussi basse que 2400 voire $1000^{m}$, et probablement encore au niveau de la mer, ceci en accord avec les résultats obtenus par une voie très différente par A. Fréon ([3]).

La présence sur certains clichés (tel que 3) des trajectoires orientées au hasard et qui ne peuvent guère être que des électrons lents de gerbes en cascade, suggère qu'il existe une certaine association entre la création des mésotons et les gerbes en cascade, soit que les mésotons naissent dans des gerbes en cascade, soit que l'explosion génératrice de mésotons libère des photons de grande énergie, initiateurs de gerbes en cascade.

Enfin la production des mésotons peut être ainsi observée avec la technique des chambres commandées par compteurs avec un rendement 10 à 100 fois supérieur à celui indiqué par les auteurs qui ont opéré en prenant des clichés au hasard.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des glycols α-bitertiaires acétyléniques vrais*. Note de MM. **Jean Colonge** et **Georges Bernard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les glycols acétyléniques du type (I) ne sont pas décrits. Nous les avons obtenus par action de l'acétylène sur les dérivés sodés des α-hydroxycétones de formule générale (II); ces dernières se préparent aisément selon les indi-



(I) (II) (III). (IV)

([3]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1942.

cations de MM. Locquin et Sung [1]; leurs dérivés sodés se forment en traitant leurs solutions éthérées ou benzéniques, par deux molécules d'amidure de sodium, à la température d'ébullition du mélange.

La fixation de l'acétylène se fait ensuite sous une pression de 1$^{kg}$ environ et vers 0°; après une douzaine d'heures on hydrolyse et rectifie. Voici quelques composés obtenus :

1. Diméthyl-3.4 pentyne-1 diol-3.4, $C^7H^{12}O^2$; liquide sirupeux; $É_{20}$ 91-93°; $d_4^{13,5}$ 1,009; $n_D^{13,5}$ 1,4650; très soluble dans l'eau; Rdt 11 % [2].
2. Diméthyl-3.4 hexyne-1 diol-3.4, $C^8H^{14}O^2$; liquide visqueux; $É_{26}$ 108°; $d_4^{15}$ 0,977; $n_D^{15}$ 1,4683; soluble dans l'eau; Rdt 76 %.
3. Méthyl-3 éthyl-4 hexyne-1 diol-3.4, $C^9H^{16}O^2$; solide blanc; F 42°-43°; $É_{17}$ 106°-108°; $d_4^{13}$ 0,992; $n_D^{13}$ 1,4317 (mesures faites sur le glycol en surfusion); insoluble dans l'eau; Rdt 61 %.
4. Tétraméthyl-3.4.5.5 hexyne-1 diol-3.4, $C^{10}H^{18}O^2$; liquide visqueux; $É_{15}$ 104°-107°; $d_4^{13}$ 0,980; $n_D^{13}$ 1,4748; insoluble dans l'eau; Rdt 10 %.
5. Méthyl-3 propyl-4 heptyne-1 diol-3.4, $C^{11}H^{20}O^2$; solide blanc; F 60°-70°; (éther de pétrole); $E_{12}$ 119°; Rdt 80 %.

Ces glycols sont donc soit des liquides sirupeux, soit des composés cristallisés.

Leur fonction acétylénique est mise en évidence à l'aide de la solution ammoniacale de nitrate d'argent.

Pour expliquer les faibles rendements en composés n$^{os}$ 1 et 4, nous avons comparé les quantités d'ammoniac dégagé au cours de la sodation des α-hydroxycétones avec leur vitesse d'oximation, afin d'établir une relation entre la structure α-cétol et l'empêchement stérique. Toutes les α-hydroxycétones que nous utilisons sont en effet du type (II); par suite l'intensité de la sodation du groupement terminal $CO-CH^3$, donc le rendement en glycol acétylénique, devrait être en relation avec la vitesse d'oximation, et c'est en définitive la structure des radicaux $R_1$ et $R_2$ qui devrait régler l'allure des réactions.

Or, si nous avons pu constater que les vitesses d'oximation allaient en décroissant au fur et à mesure que la condensation en carbone et que les ramifications de $R_1$ et $R_2$ augmentaient, nous avons trouvé qu'il n'y avait aucune relation avec les quantités d'ammoniac dégagé [3]. De plus, la forme tautomère époxyde-semi-acétal (III), que l'on attribue parfois aux α-hydroxycétones, ne peut être retenue, puisque le composé (IV), mis en solution benzénique et traité par l'amidure de sodium, dégage 90 % de la quantité théorique

---

(1) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1427.

(2) Ce composé a été récemment signalé par M. Piganiol (*Bull. Soc. Chim.*, 9, 1942, p. 749), qui n'a pas donné de constantes.

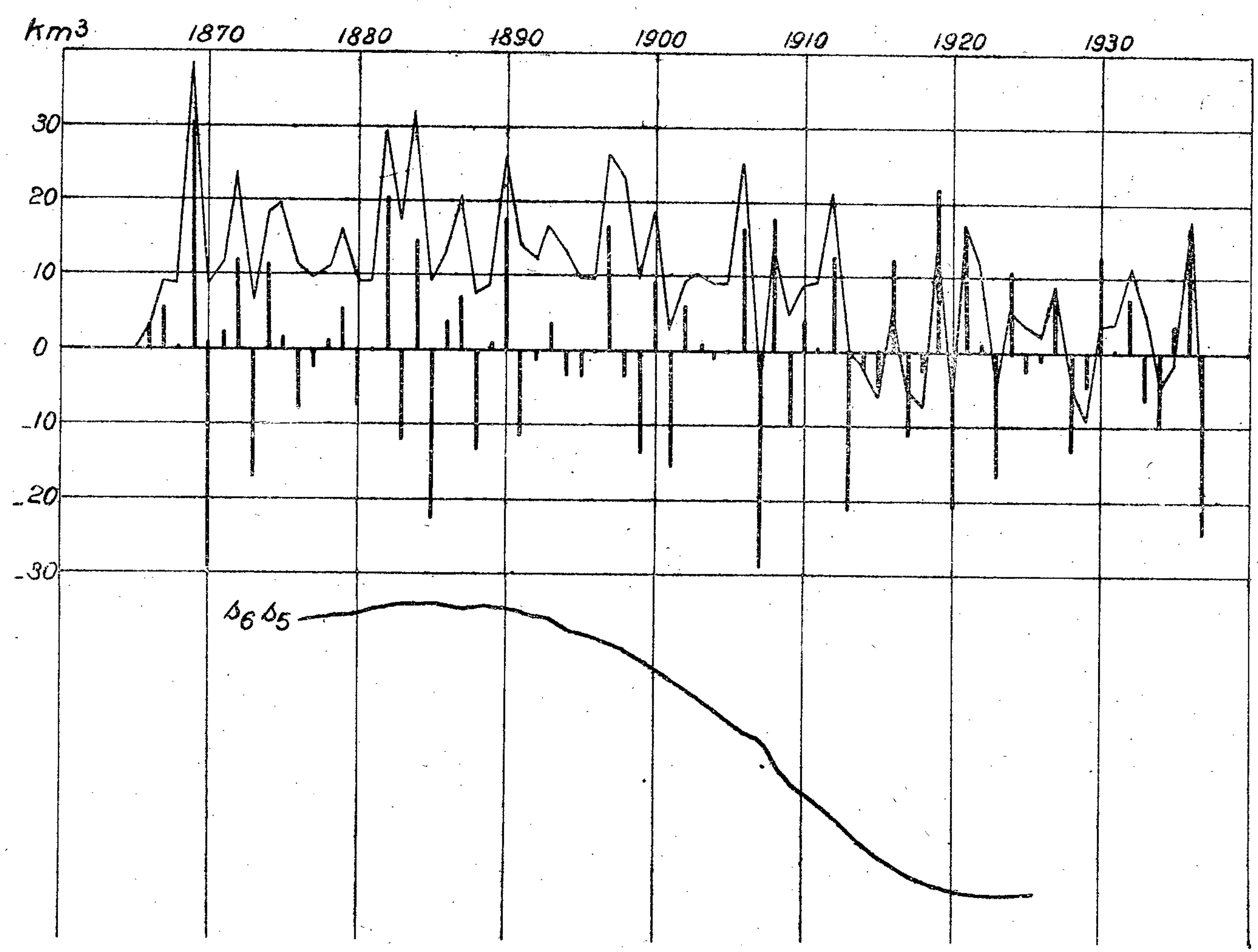
(3) Les détails expérimentaux paraîtront dans un autre Recueil.

d'ammoniac, et le rendement en glycol acétylénique correspondant n'est que de 10 %.

Nous poursuivons l'étude des propriétés de ces glycols acétyléniques vrais, en particulier l'hydrogénation, l'hydratation et la déshydratation.

HYDROLOGIE. — *Sur la décrue du Yang-Tsé-Kiang à Hankéou.*
Note de M. **Vladimir Frolow**.

*Courbe de décrue*. — L'examen des graphiques de la cote journalière du Yang-Tsé-Kiang à Hankéou (1865-1937) permet de voir que les différentes décrues réalisent, pendant les mois d'hiver, un parallélisme remarquable entre les cotes 33,4 et — 6,1 pieds. Le graphique de cette unique courbe de décrue




des niveaux, s'étendant sur 125 jours, est réalisé partiellement tous les ans. L'équation donnée précédemment ([1]) permet de le convertir en une courbe de décrue des débits. On trouve alors que la nouvelle courbe de décrue peut être exprimée par une fonction exponentielle du temps $Q = A\, e^{-\alpha t}$, aux paramètres variables. Le tableau ci-après donne la valeur de ces paramètres et les volumes d'eau écoulés qui en résultent.

([1]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 72.

| Jours. | Cote. | A. | α. | Débit m³ : s. | Volume écoulé entre les débits. | Volume écoulé cumulé (km³). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0..... | 33,4 | | | 31260 | | 0 |
| | | 31260 | 0,0301 | | 48,64 | |
| 35..... | 13,0 | | | 10906 | | 48,64 |
| | | 20595 | 0,0182 | | 34,12 | |
| 58,3... | 6,2 | | | 7148 | | 82,76 |
| | | 13401 | 0,0108 | | 25,36 | |
| 112,5... | −2,2 | | | 3982 | | 108,12 |
| | | 99280 | 0,0286 | | 3,19 | |
| 125..... | −6,7 | | | 2925 | | 111,31 |
| | | » | » | | 8,84 | |
| ∞..... | −56,4 | | | 0 | | 120,15 |

Le volume total utilisé par le fleuve est $C = 111^{km^3},3$ soit $72^{mm}$ de pluie. Le tarissement complet correspondrait, dans l'hypothèse de la constance des paramètres, à $78^{mm}$. Cette tranche est la moitié environ de celle qu'utilise en hiver la Volga à Kouibichev (²), bien en rapport avec la pluviosité moins grande du bassin chinois.

La partie inférieure de la courbe de décrue, à partir du débit de 4000 m³ : s environ, est fournie par les eaux souterraines seules, puisqu'elle se réalise en hiver. La partie supérieure est certainement alimentée aussi par les eaux superficielles. Elle correspond probablement au régime pendant lequel il n'y a plus de ruissellement, sauf dans les lits qui se vident, ainsi qu'à partir des lacs. C'est la régularité de la baisse du niveau qui suggère cette explication.

En étudiant la répartition des volumes écoulés, on voit que la réserve fournie par les eaux souterraines seules est le dixième des volumes écoulés en décrue exponentielle; les nappes aquifères paraissent d'un rendement médiocre, par rapport aux réservoirs à ciel ouvert.

*Bilan des réserves.* — La série des niveaux minima annuels, qui correspondent à un tarissement plus ou moins poussé des réserves, permet de calculer leur variation d'année en année (vecteurs verticaux de la figure). La somme algébrique de ces variations représente le bilan des réserves par rapport à l'état en 1865 (trait continu). On voit que la croissance des réserves a été suivie par une dépense agrandie, en sorte qu'en 72 années, un cycle complet a été parcouru et l'on est revenu à l'état de 1865.

Les variations d'année en année atteignent $\pm 29^{km^3}$, soit 0,26 C, et un peu plus de $19^{mm}$ de pluie, tandis que la variation moyenne est de l'ordre de $9^{km^3}$ en plus et de $10^{km^3}$ en moins, soit 0,084 et 0,089 C (6 et $6^{mm},5$ de pluie).

Le graphique du bilan des réserves donne lieu, à la courbe de reconnaissance $s_6 s_5$ (méthode d'analyse de M. et Mme Labrouste), à une marche sinusoïdale; elle pourrait donc servir à la prévision.

---

(²) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 476.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution du chondriome du sac embryonnaire de* Digitalis purpurea *L.* Note (1) de M. **Démètre Constantinesco**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

L'étude de l'évolution du chondriome du sac embryonnaire de *Digitalis purpurea*, pendant son développement ainsi que pendant et après la fécondation, nous a conduit aux résultats suivants : Au début de sa différenciation, le chondriome de la cellule-mère du sac embryonnaire de la digitale est formé de mitochondries, chondriocontes et bâtonnets. Avant les mitoses réductrices, le chondriome manifeste une tendance à la forme granulaire du fait que certains chondriocontes deviennent plus courts et d'autres se divisent en chondriomites.

A partir du stade synizesis, une partie des mitochondries présente une augmentation de volume et deviennent plus sidérophiles par rapport aux autres mitochondries, qui restent toujours à l'état de grains très fins; cette partie du chondriome représente les *plastes*.

Pendant la formation définitive de la mégaspore fonctionnelle, le chondriome devient exclusivement granulaire, étant formé de chondriomites, mitochondries et plastes; à partir de la deuxième division une partie des plastes commencent à élaborer de l'amidon.

Pendant tout le temps de l'accomplissement de la deuxième, troisième et quatrième division, le chondriome présente une forme granulaire avec de très courts et rares bâtonnets, sans qu'on puisse observer une régénération de chondriocontes.

Le chondriome des synergides, des antipodes, de l'oosphère et aussi bien celui du cytoplasme qui entoure le noyau diploïde, est formé de plastes dont beaucoup renferment de l'amidon, des mitochondries granuleuses et de courts bâtonnets.

Dès que le tube pollinique a pénétré dans le sac embryonnaire et a pris sa position définitive auprès de l'oosphère, il déverse dans le cytoplasme du sac embryonnaire, par l'orifice produit à son extrémité, la plus grande partie de son contenu et le spermatozoïde qui fécondera le noyau diploïde.

Le chondriome du contenu du tube pollinique ne présente rien de différent du chondriome des autres cellules du sac embryonnaire. De l'union du spermatozoïde avec le noyau diploïde résulte le noyau triploïde de l'endosperme; celui-ci est extrêmement volumineux et entouré de cytoplasme plus ou moins vacuolisé, avec un chondriome riche surtout en amyloplastes. Après que le tube pollinique a déchargé son contenu et le premier noyau mâle, la rupture produite dans sa membrane est bouchée par une substance probablement mucilagineuse. Dans la partie supérieure du tube pollinique, ainsi bouché, se trouve

---

(1) Séance du 27 octobre 1942.

le second noyau mâle, vermiforme, qui fécondera l'oosphère. Lorsque ce spermatozoïde est sur le point de quitter le tube pollinique, la substance mucilagineuse disparaît et l'orifice devient de nouveau visible. A cause du rapprochement entre l'oosphère et le tube pollinique, le second noyau mâle, pendant sa sortie du tube pollinique, s'appuie avec sa partie antérieure sur la surface même de la sphère; *entre ce spermatozoïde et la surface de l'oosphère, il n'existe aucune trace d'élément du chondriome*. Au fur et à mesure que le noyau mâle sort du tube pollinique, il glisse sur la surface de l'oosphère, toujours dépourvu de toute trace d'éléments du chondriome, puis pénètre dans l'oosphère. Le glissement du noyau mâle à la surface de l'oosphère se poursuit parfois si loin que ce spermatozoïde arrive de l'autre côté de l'oosphère. Il est très probable que ce glissement a pour effet de donner au noyau mâle, avant de pénétrer dans l'oosphère, la possibilité de se débarrasser de toute trace de cytoplasme et de chondriome paternels, qui éventuellement l'accompagneraient.

L'oosphère, pendant la fécondation, contient un cytoplasme vacuolisé et un chondriome riche surtout en amyloplastes; il est en tout pareil à celui du reste du sac embryonnaire. Le chondriome de l'œuf est constitué par des mitochondries granuleuses, par de rares bâtonnets et par des amyloplastes, presque tous les plastes ayant élaboré de l'amidon; c'est la même structure que présente le chondriome des premières cellules endospermiques.

Il ressort donc de nos recherches que, comme l'a montré Al. Guilliermond (²) dans le cas des Liliacées, le chondriome du sac embryonnaire de la digitale est formé de deux lignées distinctes de chondriosomes, qui gardent leur individualité pendant toute la période de développement du sac embryonnaire, ainsi que pendant et après sa fécondation, et qu'en outre le noyau mâle qui féconde l'oosphère, dans le cas des recherches de G. Mangenot (³), n'apporte avec lui dans l'œuf aucune trace de chondriome paternel.

ZOOLOGIE. — *Sur l'évolution de certaines coaptations relatives à l'enroulement des Isopodes terrestres supérieurs*. Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Charles Pérez.

L'étude anatomique comparée des péréionites de diverses espèces appartenant aux familles *Oniscidæ*, *Porcellionidæ*, *Armadillidiidæ*, *Armadillidæ*, permet de suivre les différentes étapes de l'évolution de la coaptation entre processus articulaire et repli articulaire relative à l'enroulement de certains Oniscoïdes supérieurs.

*Oniscidæ*. — Verhoeff a décrit chez *Oroniscus helveticus* Verh. et *Oniscus asellus* L. deux étapes de l'évolution de l'articulation des péréionites à l'intérieur

(²) *Ann. Sc. Nat.*, 6, 1924, p. 5.
(³) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 364.

de cette famille. Chez *Oroniscus* les péréionites sont simplement emboîtés : la partie postérieure du métatergite d'un segment recouvre le protergite du segment suivant; la position du bord antérieur de ce protergite est marquée sur la face sternale du métatergite par une ligne submarginale incurvée au niveau de l'insertion du péréiopode en un arc, ou repli sternal, dirigé vers l'avant. Chez *Oniscus*, selon Verhoeff, il se produirait un accrochage entre l'extrémité latérale du protergite des péréionites 2, 3, 4, saillante sous la forme d'un processus latéral (Racovitza) (=*protergit — Zapfen* Verh.) et le repli sternal des péréionites 1, 2, 3, proéminant sous la forme d'une côte épaisse (*innere postpedale Rippe* Verh.). L'extrémité latérale du protergite des péréionites postérieurs étant étroitement soudée au bord antérieur de l'épimère, il y a simplement emboîtement des péréionites comme chez *Oroniscus*.

En réalité il ne se produit aucun accrochage, car la pointe du processus latéral est orientée parallèlement à la paroi lisse du repli sternal et fait largement saillie au delà de celui-ci. Le repli sternal fait office de butoir contre lequel vient se placer le bord antérieur du processus latéral (= *Wulst* Verh.). D'autre part Verhoeff a omis d'indiquer que le contact de ces deux formations n'a pas lieu au repos mais uniquement lorsque l'animal, en attitude d'immobilité réflexe, arque fortement son corps.

*Porcellionidæ.* — On peut suivre la même évolution en passant du genre *Metoponorthus* qui correspond à l'étape *Oroniscus*, au sous-genre *Euporcellio*, très voisin de l'étape *Oniscus*. *Mesoporcellio* est intermédiaire entre *Metoponorthus* et *Euporcellio*.

Chez *Cylisticus convexus* B. L. et *Porcellium conspersum* Koch dont le corps ne peut qu'imparfaitement se rouler en boule, le processus latéral ne présente aucune modification par rapport à celui des autres *Porcellionidæ*. *Cylisticus* se rapproche du stade *Mesoporcellio* tandis que *Porcellium* est très voisin d'*Euporcellio*. Par contre le repli sternal présente un début de saillie articulaire sous la forme d'une petite dent placée à son extrémité externe. Lors de l'enroulement, la pointe du processus latéral du péréionite 2 vient se loger sous la saillie du repli sternal.

*Armadillidiidæ.* — Chez *Armadillidium vulgare* Latr. le repli sternal des péréionites 1, 2, 3 présente une saillie articulaire très développée et mérite le nom de repli articulaire. Le processus latéral des péréionites 2, 3, 4 a également subi une évolution qui l'a transformé en processus articulaire : lame à pointe triangulaire, perpendiculaire à la surface de l'épimère. Une profonde encoche sépare cette lame du condyle du protergite, bosse située latéralement, qui existe déjà, quoique moins développée, chez les *Oniscidæ* et les *Porcellionidæ*. Lors de l'enroulement, la saillie articulaire vient se loger dans l'encoche du péréionite suivant, tandis que le processus articulaire s'engage sous la saillie articulaire. A partir du péréionite 4 le repli sternal ne présente plus de saillie articulaire et est simplement un peu plus développé que chez les espèces étudiées

précédemment. De même à partir du péréionite 5 le processus latéral n'est plus entièrement soudé au bord antérieur de l'épimère : il fait légèrement saillie. Un sillon persiste entre sa base et celle du condyle. Lors de l'enroulement le repli sternal du péréionite précédent vient buter contre le fond de ce sillon.

*Armadillidæ*. — Il n'y a pas de processus latéral. L'extrémité latérale du protergite est réduite à une lamelle qui s'arrête loin du bord antérieur de l'épimère. Le condyle est par contre très développé. A partir du péréionite 4 le repli sternal présente une saillie articulaire augmentant de taille du 4e au 7e péréionite. Lors de l'enroulement la saillie articulaire des péréionites 4, 5, 6 vient se loger dans un sillon situé à la base du condyle. La saillie articulaire du péréionite 7 a pour antagoniste une autre saillie émise par la base de l'épimère du pléonite 3 et coiffée par l'angle distal du pléonite 2. Lors de l'enroulement, la saillie articulaire thoracique recouvre la saillie abdominale et se loge dans une fossette creusée sur la face sternale de celle-ci. La saillie abdominale n'est que l'exagération d'une formation déjà présente chez les *Armadillidiidæ*.

*Conclusion*. — La coaptation entre repli articulaire et processus articulaire des *Armadillidiidæ* n'est que le stade le plus perfectionné d'une formation dont l'évolution a commencé chez les Isopodes terrestres non enroulables et qui correspond à une attitude d'immobilité réflexe arquée, homologue de l'enroulement.

Les *Armadillidæ* apparaissent par de nombreux détails comme dérivant directement des *Armadillidiidæ*. L'absence de cette coaptation sur les péréionites antérieurs peut être interprétée comme une disparition brusque entrant parfaitement dans le cadre des mutations.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Le* neopallium *cérébral du Pécari* (Dicotyles). Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Charles Pérez.

Le Pécari (*Dicotyles*) est un Ongulé artiodactyle bunodonte, très évolué quant à ses extrémités postérieures qui rappellent, dans une certaine mesure, celles des Ruminants. Il est actuellement localisé à l'Amérique du Sud. On admet, en général, qu'il constitue une sous-famille des *Suidæ*, celle des *Dicotylinæ*.

Son cerveau, jusqu'ici, n'a fait l'objet que d'observations sommaires, contradictoires et déjà anciennes (Krueg, 1875; Garrod, 1885). L'étude du *neopallium* d'un jeune *fœtus* m'a permis de fixer la position des sillons fondamentaux, de la *suprasylvia* notamment (qui donne, comme l'on sait, la clef de la morphologie néopalléale tout entière), et d'établir que, chez l'adulte, le cerveau présente les caractères essentiels suivants :

1° le trajet plus ou moins rectiligne des sillons néopalléaux, ainsi qu'il est de règle chez les Ongulés;

2° une operculisation, très allongée d'avant en arrière, portant sur la totalité du *gyrus arcuatus* 1, comme chez les Ruminants primitifs (R. Anthony et M. Friant, 1938). Le complexe sylvien est, ici, réduit ou inexistant.

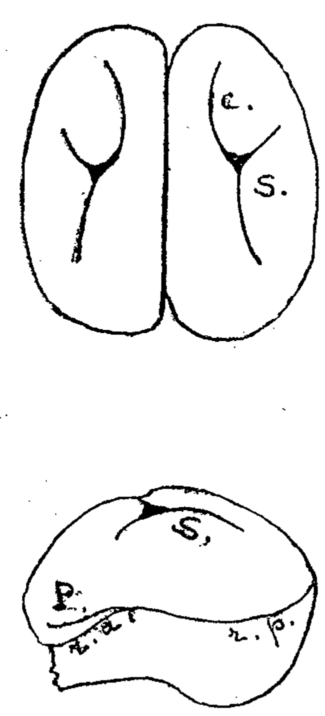



Fig. 1.

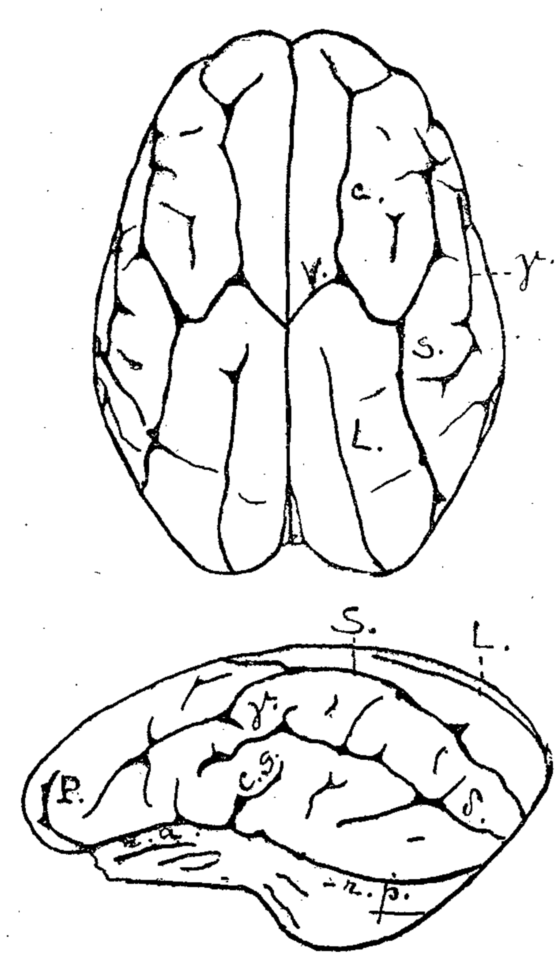



Fig. 2.

Fig. 1. — Cerveau (télencéphale) d'un jeune *fœtus* de *Dicotyles* sp. — En haut : face supérieure indiquant la position de la *suprasylvia* (S.) en continuité avec le coronal (C.). — En bas : face externe gauche, où l'on voit indiquées : la *suprasylvia* (S.), la *praesylvia* (P.) et les scissures rhinales antérieure (r. a.) et postérieure (r. p.). — G. N.

Fig. 2. — Cerveau (télencéphale) d'un *fœtus* avancé de *Dicotyles tajaçu* L. Chez ce *fœtus*, la morphologie cérébrale est sensiblement la même que chez l'adulte. — En haut : face supérieure. — En bas : face externe gauche. — r. a., scissure rhinale antérieure; r. p., scissure rhinale postérieure; C. S., complexe sylvien; P., *praesylvia*; S., *suprasylvia*; C., coronal; L., latéral; V., vertical; γ, sillon γ; δ, sillon δ. — G. N.

3° le développement considérable du coronal, en continuité avec la *suprasylvia*.

4° la présence d'un sillon particulier, le vertical, qui unit, plus ou moins complètement, le splénial au coronal.

5° la grande extension et, le plus souvent, l'union des sillons γ et δ d'Elliot Smith qui divisent, comme chez l'Hippopotame (M. Friant, 1937), le *gyrus arcuatus* 2 en deux étages.

6° l'absence de crucial, le splénial continu étant, tout entier, sur la face interne.

En somme le *Dicotyles* se rapproche, quant à son *neopallium*, des *Suidæ* de l'Ancien Monde (*Suinæ* : *Sus*, *Phacochœrus* etc.), par la continuité du coronal avec la *suprasylvia* et la présence du vertical (qui ne s'observent pas chez les *Hippopotamidæ*). Il diffère toutefois des *Suinæ* par un certain nombre de caractères importants : 1° son operculisation allongée qui rappelle celle des

Ruminants primitifs; 2° le grand développement du coronal; 3° l'extension considérable des sillons γ et δ, comme chez l'Hippopotame; 4° l'absence de crucial. Chez les *Suidæ* de l'Ancien Monde au contraire, l'operculisation, plus ou moins triangulaire, ressemble à celle des Carnassiers, le coronal est très réduit, les sillons γ et δ peu développés, et le crucial très net (R. Anthony et J. de Grzybowski, 1931).

En résumé, au point de vue de son cerveau, comme par la constitution de ses métapodes, le *Dicotyles* établit une sorte de transition entre les autres Artiodactyles bunodontes (*Hippopotamus*, *Sus*) et les Artiodactyles sélénodontes (Ruminants).

PHYSIOLOGIE. — *Les variations de l'excitabilité neuromusculaire au cours du déséquilibre alimentaire glucidique aigu.* Note de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **H. Mazoué**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La substitution du galactose au glucose dans un régime renfermant 66 % de glucides entraîne, malgré l'addition d'une forte proportion de vitamines B sous forme de levure de bière desséchée, l'apparition et l'évolution rapide chez le Pigeon de troubles nerveux caractéristiques, très comparables à ceux de l'avitaminose B (crises convulsives avec secousses cloniques, contractures, phénomènes paralytiques). Ces manifestations doivent être attribuées au déséquilibre alimentaire, le galactose nécessitant, au même titre et plus encore que le lactose, un équilibre très étroit pour être utilisé par le Pigeon (1). On observe, au cours de ce déséquilibre glucidique aigu, de même que dans l'avitaminose B, une augmentation du métabolisme de base (2), une imprégnation lactique des muscles (3), une chute sensible de la réserve alcaline (4) et des lésions nerveuses périphériques qui se distinguent de celles de l'avitaminose B du fait que l'altération cylindraxile l'emporte sur l'atteinte myélinique (5).

Les variations d'excitabilité neuromusculaire au cours de l'avitaminose B totale, chez le Pigeon (6), ou $B_1$ stricte, chez le Rat (7), ayant été recherchées déjà, il nous a paru intéressant d'étudier celles-ci dans le déséquilibre alimentaire glucidique aigu du Pigeon. Nos mesures furent prises sur des sujets adultes, recevant chaque jour par gavage 20g du régime à 66 % de galactose et 4g de levure de bière desséchée. Selon la technique habituelle, l'animal

---

(1) L. Randoin et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **101**, 1929, p. 355.
(2) R. Lecoq et J.-M. Joly, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1709.
(3) R. Lecoq et R. Duffau, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 449.
(4) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 226.
(5) I. Bertrand et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 845.
(6) G. Mouriquand, A. Leulier et G. Morin, *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 485.
(7) P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 138.

n'ayant reçu aucun hypnotique était placé en position normale dans un fourreau laissant tête et pattes libres, les électrodes se trouvant appliquées sur la peau intacte. L'excitabilité nerveuse périphérique était appréciée avec une anode diffuse, constituée par une pince placée sur la patte opposée à celle observée, et une cathode formée d'une anse d'argent, appliquée sur le point moteur de l'extension ou de la flexion des orteils (chronaxies nerveuses motrices périphériques), sur le trajet du sciatique (chronaxie sensitive du réflexe de flexion croisée) ou sur la peau du crâne (chronaxie des neurones moteurs centraux). L'excitabilité musculaire se mesurait en appliquant deux pointes mousses d'argent, distantes de $1^{cm}$, sur la peau intacte au niveau du corps du muscle (extenseur et fléchisseur des orteils) ([8]).

Les chiffres des chronaxies nerveuses se maintiennent à leur valeur normale pendant 3 à 4 jours (capacités chronaxiques de 20 m$\mu$F pour l'extension et 40 pour la flexion, en général); puis brusquement, avant tout signe clinique manifeste, on observe une égalisation des chronaxies des antagonistes à niveau bas, se maintenant jusqu'à la mort de l'animal, qui survient du 6$^e$ au 9$^e$ jour. En période de crises et de grande excitation, les chiffres sont très bas : 10 ou 15; en période calme, ils sont plus élevés : 20 ou 25, mais toujours égalisés et la chronaxie de la flexion bien au-dessous de sa valeur normale. La chronaxie centrale et la chronaxie sensitive sont également un peu abaissées. Cette variation des chronaxies périphériques est, ainsi que nous l'avons vérifié, tout à fait comparable à celle de l'avitaminose $B_1$ du Pigeon. Elle n'est que le retentissement d'un état d'excitation centrale, plus spécialement encéphalique : par section du nerf ou anesthésie de l'animal, on trouve en effet la chronaxie de constitution normale, qui est de 50 à 60 pour l'extension comme pour la flexion. Elle ne permet donc d'apprécier que l'état d'excitation encéphalique cérébelleux, facteur des crises nerveuses.

Les chronaxies musculaires restent assez longtemps normales : 60 pour les deux muscles étudiés; puis, le lendemain ou le surlendemain de la baisse des chronaxies nerveuses, les résultats montent, atteignant jusqu'à 300 ou 400, 1 à 3 jours avant la mort. Il ne s'agit sans doute pas ici d'une atteinte directe du muscle, mais plutôt d'une dégénérescence secondaire des fibres musculaires dont les fibres nerveuses ont été altérées par le procesus polynévritique. Si l'on fait varier sur le corps du muscle l'emplacement des électrodes, on trouve en effet tous les intermédiaires des chiffres entre les chronaxies normales de fibres saines, qui répondent encore à l'excitation nerveuse, et les chronaxies élevées des fibres dont le nerf est interrompu; de pareilles variations s'observent d'ailleurs dans l'avitaminose $B_1$ et diverses polynévrites expérimentales.

*Conclusions.* — Les mesures de l'excitabilité neuromusculaire pratiquées sur le Pigeon au cours du déséquilibre glucidique aigu, obtenu à l'aide d'un

---

([8]) A., B. et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, p. 784.

régime renfermant 66 % de galactose en présence d'un large excès de vitamines B, montrent : 1° un état d'excitation encéphalique comparable à celui de l'avitaminose $B_1$ et qui peut être mis en parallèle avec les crises nerveuses convulsives que présentent les animaux; 2° une augmentation des chronaxies musculaires, indice des lésions polynévritiques.

Ces deux processus, central et périphérique, sont-ils ou non indépendants? Les signes d'excitation encéphalique (variation des chronaxies nerveuses) précédant les signes de dégénérescence nerveuse (variation des chronaxies musculaires), on peut admettre que les troubles fonctionnels centraux sont à l'origine des lésions polynévritiques ([9]). Ils semblent eux-mêmes sous la dépendance d'une intoxication endogène favorisée par un milieu acidosique ([10]).

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Présence de riboflavine (vitamine* $B_2$*) chez un Insecte,* Tineola bisselliella *Hum., alimenté avec un régime privé de cette substance.* Note de M. **René-Guy Busnel** et Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

Les travaux relatifs au rôle de la vitamine $B_2$ chez les Insectes ont mis en évidence les grandes variations des résultats observés par les auteurs. Ceci tient à la diversité des nombreuses espèces étudiées, et il semble, à priori, qu'il soit difficile d'étendre les conclusions de ces recherches d'une espèce à une autre.

Nos observations ont porté sur *Tineola bisselliella* Hum., insecte précédemment étudié au point de vue du complexe B par Mary Crowell et Mc Cay ([1]), en 1937; ces auteurs arrivaient à la conclusion que le facteur B était indispensable à la croissance de celui-ci.

*Tineola* est un Microlépidoptère qui peut vivre naturellement sur la caséine pure, avec un cycle de 57 à 60 jours, à 25°C., et 75 % d'humidité. La caséine du commerce, sur laquelle les élevages ont été poursuivis, contenait en moyenne $6^{\gamma}$ de riboflavine par gramme de produit sec. Nous avons privé la caséine de sa vitamine $B_2$, par la méthode employée par Randoin, Raffy et Aguirrezabala pour la purification de cette substance, qui constitue une base importante de leur régime d'avitaminose $B_2$. Le produit purifié a donné toute satisfaction pour des régimes de Rats; ceux-ci sont morts dans les délais classiques. La purification de la caséine a d'ailleurs été vérifiée par un dosage selon la technique de Gourévitch.

Des œufs de *Tineola* ont été déposés sur le régime naturel et sur le régime purifié. Contrairement aux observations de Mary Crowell et de Mc Cay, les

---

([9]) P. Chauchard, *Revue Neurologique*, 75, 1942, p. 134.

([10]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 510.

([1]) *Physiol. Zool.*, **10**, 1937, pp. 368-372.

larves écloses croissent sur le milieu privé de riboflavine, et sans mortalité excessive. Les expériences, reprises deux fois à 6 mois d'intervalle, ont toutes été positives. La croissance est toutefois ralentie, puisque le cycle atteint 120 jours, soit le double du cycle témoin. Les chenilles sont saines, vigoureuses et tissent normalement leur fil; elles n'ont, par ailleurs, aucune malformation ou caractère distinctif de carence ([2]).

Parallèlement à ces observations et à la suite de nos travaux antérieurs ([3]), nous avons examiné les tubes de Malpighi des insectes en expérience. Chez les témoins ces organes contiennent des quantités importantes de riboflavine libre et liée; ceux des insectes ayant vécu sur le régime avitaminosé ont une fluorescence des tubes de Malpighi intense, après l'action de l'acide acétique. Cette fluorescence correspond à la présence de riboflavine, liée en quantité très élevée. Cette riboflavine n'a pu provenir du milieu extérieur, elle apparaît donc, à ce stade, comme synthétisée par l'insecte aux dépens de son métabolisme. On sait d'ailleurs que, chez le Rat en avitaminose $B_1$, cette vitamine se forme cependant dans l'intestin de l'animal grâce à sa flore microbienne ([4]).

A la suite de nos résultats précédents, on peut penser que la riboflavine des tubes de Malpighi ne joue pas, à ce niveau, le même rôle physiologique que celui qui lui est attribué généralement.

Les premiers résultats de ces expériences nous amènent aux conclusions suivantes :

1° les larves vivent sur le milieu privé de vitamine $B_2$;

2° elles sont capables d'accumuler dans leurs tubes de Malpighi de la riboflavine liée alors qu'elles croissent sur un milieu privé de cette vitamine.

Il est à préciser que la purification du régime entraîne peut-être la suppression d'autres facteurs hydrosolubles; il est donc nécessaire de connaître si la seule adjonction de riboflavine au régime purifié ramène à la normale la vitesse du cycle de croissance (Expérience en cours).

Ces résultats, qui élargissent le cadre des données antérieures sont confirmés par l'observation, dans la nature, des conditions de croissance des *Tineola* qui se développent sur les laines et les pelleteries, dont les teneurs en riboflavine sont pratiquement nulles.

Toutefois la croissance de *Tineola bisselliella* Hum., sur milieu avitaminosé en $B_2$, doit être considérée comme un cas d'espèce; un autre Tinéide, *Ephestia kuhniella* Zeller, se comporte différemment et paraîtrait, au contraire, très sensible à l'action du facteur $B_2$ (résultats inédits).

---

([2]) Dans une série d'élevages que nous avons actuellement en cours, nous nous proposons, par la suite, de faire des dosages complémentaires dans les tubes de Malpighi, cette expérience devant être repoussée à une époque ultérieure étant données la taille et la quantité de larves nécessaires.

([3]) *Arch. Zool. Exper. et Gén.*, 82, v, 1942, pp. 321-325.

([4]) R. Jacquot, Y. Armand et P. Rey, *Bull. Soc. Hyg. alim.*, 29, 1941, pp. 1-71.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets de l'ablation des* corpora allata *chez les mâles de* Bacillus rossii *Rossi* (Phasmidæ). Note de M. **Maurice Favrelle**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les effets de l'ablation des *corpora allata* n'ont pas été étudiés jusqu'ici chez des Insectes mâles. Nous avons pu réaliser cette opération sur des *Bacillus rossii* de race tunisienne bisexuée. Le prélèvement simultané des *corpora allata* et des *corpora cardiaca* a été effectué à la pince selon les procédés habituels, sur de jeunes mâles, 5 ou 6 jours après leur troisième mue. Les témoins de même sexe et de même âge ont subi deux mues, à intervalles de douze jours environ. Après la première de ces deux mues normales, la longueur du corps est de 42 à $44^{mm}$, le vomer ne s'étend que sous le quart antérieur du dernier sternite. Après la mue imaginale, le corps atteint 53 à $57^{mm}$, la pointe allongée et aiguë du vomer rejoint à peu près l'extrémité postérieure du corps, les cerques sont devenus arqués et la coloration générale est modifiée.

Les individus opérés n'ont jamais subi plus d'une mue. Celle-ci s'est produite de 6 à 31 jours après l'opération (moyenne, 16,5 jours); la température extérieure influe nettement sur ce temps. Après cette mue unique, la longueur du corps n'est que de 35 à $43^{mm}$; elle est fonction de la taille au stade précédent et de la durée de l'intermue. Sauf dans les quelques cas où la mue a été le plus rapide, le vomer atteint presque l'extrémité du dernier sternite; la coloration générale, la forme des cerques et des derniers segments abdominaux sont celles des adultes. Le comportement est celui des mâles normaux. Les testicules bien développés renferment de nombreux groupes de spermatozoïdes mûrs et mobiles; les stades habituels de la spermatogenèse s'y retrouvent. L'accouplement avec des femelles ordinaires peut s'effectuer suivant le processus normal, malgré la petite taille des mâles. La fécondation est effective, comme le prouve la présence de mâles dans la descendance (la parthénogenèse étant thélytoque dans cette espèce). La survie après la mue, de quelques jours seulement chez ceux dont l'intermue précédente avait été courte, se prolonge chez les autres; elle a atteint jusqu'à 124 jours.

Donc, au stade et dans les conditions indiquées, l'ablation des *corpora allata* chez le mâle de *Bacillus rossii* provoque la suppression d'une mue. Le corps ne dépasse pas la taille d'un subimago, mais les caractères sexuels externes et les organes génitaux ressemblent à ceux de l'adulte; la dysharmonie de croissance habituelle de ces organes est ainsi accentuée. Le psychisme et le pouvoir reproducteur de ces mâles sont ceux d'imagos.

Ces résultats s'opposent à ceux que Pflugfelder (1937-1938) a obtenus chez les femelles de *Carausius morosus*, où il observait toujours deux mues après l'opération; ils les confirment en ce qu'ils montrent la possibilité de la maturation des produits génitaux en l'absence des *corpora allata*. Sur ce dernier

point ils favorisent l'interprétation donnée par Bounhiol [1] à ses expériences sur les Lépidoptères et à celles de Pflugfelder; ils ne concordent pas avec les observations de Joly [2] sur les femelles de Dytiscides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Oxydation de l'hydrogène sulfuré en hyposulfite chez les animaux supérieurs.* Note de MM. **Meguerdich der Garabédian** et **Claude Fromageot**, présentée par M. Maurice Javillier.

La formation d'hydrogène sulfuré, mise en évidence *in vitro* à partir de la cystéine [1] et de l'homocystéine [2] sous l'action des désulfurases, en particulier de celles du foie, correspond vraisemblablement, pour une part, à la transformation biologique de l'homocystéine en cystéine, déjà discutée [2]. La présente Note indique que, pour une autre part, cette formation d'hydrogène sulfuré constitue une étape dans la genèse biologique de l'ion sulfate à partir du soufre organique (soufre de la cystéine et soufre de la méthionine) ingéré par les animaux supérieurs. L'expérience montre en effet qu'il existe dans le rein et le foie de ces animaux (Rat, Chien) un système capable d'oxyder l'hydrogène sulfuré en hyposulfite; comme l'on sait d'autre part [3] que les animaux supérieurs sont capables d'oxyder l'hyposulfite en sulfate, on peut admettre, dans la genèse de cet anion, la suite de réactions

$$RSH \rightarrow H^2S \rightarrow S^2O_3^{=} \rightarrow SO_4^{=}.$$

L'oxydation de l'hydrogène sulfuré en hyposulfite peut être mise en évidence en utilisant soit des organes broyés, soit des extraits liquides obtenus à partir de ces organes. L'hyposulfite formé est caractérisé par sa réaction avec le nitrate d'argent, par sa décomposition, en milieu acide, avec formation de soufre, cette formation étant observée selon la technique de Salkowski [4], et par son comportement au cours de son dosage; ce dernier est fait par iodométrie, après élimination de l'hydrogène sulfuré résiduel par le zinc, et en présence de formol, selon la méthode de Kurtenacker [5]. Nous exprimons par $Q_{S^2O_3^{=}}$ les quantités d'hyposulfite, exprimées en $\gamma$, formées par milligramme de tissu ou d'extrait (poids sec) et par heure. Voici quelques exemples :

1° *Oxydation de* $H^2S$ *par différents organes de Rat.* — Le pancréas et le rein sont broyés, dès leur prélèvement, dans un microbroyeur en verre pyrex

---

(1) *Bull. Biol.*, Suppl. 24, 1938 (199 p., 2 pl.).
(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 807.

(1) C. Fromageot, E. Wookey et P. Chaix, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 1019.
(2) C. Fromageot et P. Desnuelle, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 647.
(3) N.-W. Pirie, *Biochem. J.*, 28, 1934, p. 1063.
(4) E. Salkowski, *Archiv. f. d. ges. Physiol.*, 39, 1886, p. 213.
(5) A. Kurtenacker et K. Bittner, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 141, 1924, p. 297.

maintenu à 0°; le foie est préalablement nettoyé par perfusion; de toute façon, les organes broyés, conservés à 0°, sont mis en expérience moins de deux heures après la mort de l'animal. Les conditions expérimentales sont les suivantes : $1^g,0$ de broyat (poids frais) est mis en suspension dans $17^{cm^3}$ de solution de phosphates-tampon à pH 7,3, renfermant $Na^2S$ (S de $Na^2S = 2410^\gamma$) et $0^{cm^3},2$ de toluène; le tout est contenu dans une cellule de Desnuelle et Fromageot ([6]) en présence d'air, et agité au thermostat à 38°, pendant 30 minutes. Dans ces conditions, $Na^2S$ seul donne une quantité d'hyposulfite correspondant à $300^\gamma$ de S. Cette valeur est soustraite des chiffres du tableau ci-dessous, chiffres dans lesquels on a également tenu compte des valeurs en iode données par des tubes témoins renfermant les purées d'organes sans sulfure.

| Organe. | Poids sec (mg). | S de $S^2O_3^=$ formé ($\gamma$). | $Q_{S_2O_3^=}$. |
|---|---|---|---|
| Sang....... | 228 | 20 | 0 |
| Pancréas... | 299 | 300 | 3,5 |
| Foie....... | 162 | 530 | 11,5 |
| Rein....... | 216 | 1130 | 18,4 |

2° *Oxydation de* $H^2S$ *par des extraits de foie et de rein de Rat.* — Une quantité donnée de purée d'organe, obtenue comme dans le cas précédent, est agitée 20 heures à 38° dans un volume donné de solution de phosphates-tampon à pH 7,3; le tout est ensuite centrifugé, puis filtré; on obtient ainsi un liquide clair dont le pH est resté le même (7,3) et dont $10^{cm^3},2$ correspondent à $1^g$ d'organe frais. Les expériences sont faites dans des conditions identiques aux précédentes, en remplaçant simplement le tissu broyé ($1^g,0$) par la quantité équivalente d'extrait liquide ($10^{cm^3},2$).

| Extrait. | Poids sec (mg). | S de $S^2O_3^=$ formé ($\gamma$). | $Q_{S_2O_3^=}$. |
|---|---|---|---|
| Foie....... | 46 | 980 | 74,5 |
| Rein....... | 81 | 1240 | 53,5 |

Le système responsable de la réaction en question est un système organique, relativement stable à la chaleur; nous recherchons s'il s'agit d'un système fermentaire proprement dit ou d'une molécule organique relativement simple.

## CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le gonflement de l'amidon à froid.* Note de M. Georges Lejeune, présentée par M. Marcel Delépine.

L'amidon d'Orge subit un gonflement rapide dès la température ordinaire, lorsqu'on l'introduit dans une solution de salicylate de sodium à 10 %. Au bout de 10 à 20 minutes, son volume est devenu triple ou quadruple.

([6]) P. Desnuelle et C. Fromageot, *Enzymologia*, 6, 1939, p. 80.

Ce gonflement n'est pas uniforme pour les amidons de différentes origines; on observe des résultats très variables suivant la provenance de l'amidon étudié : dans les solutions de salicylate à 10 % et à la température ordinaire, l'amidon de Blé ne gonfle que très lentement, son volume ne fait que doubler en 24 heures; les amidons de Riz, de Maïs et la fécule de Pomme de terre ne gonflent pas plus dans les conditions précitées que dans l'eau pure.

Cependant on peut observer, dans ces derniers cas, un gonflement comparable à celui de l'amidon d'Orge, en adoptant une concentration suffisante en salicylate : 15 % en une heure pour la fécule de Pomme de terre.

Si l'on force la dose de salicylate, on provoque la gélification complète de l'amidon de Pomme de terre, qui se produit en une heure avec une solution à 17 % et presque instantanément avec une solution à 20 %. En teintant l'amidon avec un peu d'iode, il devient possible de suivre le phénomène au microscope : le grain se gonfle, puis se disloque en donnant des particules irrégulières, teintées de bleu, qui se dispersent dans le liquide. Il n'y a cependant pas hydrolyse poussée de l'amidon, car la dispersion obtenue n'a aucun pouvoir réducteur vis-à-vis de la liqueur de Fehling.

Le phénomène ne semble pas influencé par le pH, au moins dans un domaine moyen : la solution initiale de salicylate a un pH voisin de 7; après une addition de tampon à l'acide acétique de pH 4,7, le gonflement se produit de façon identique.

Par contre certains liquides organiques, alcool et acétone notamment, s'opposent au gonflement. Dans une solution de salicylate à 20 % additionnée de 10 % d'alcool éthylique ou de 5 % d'acétone, la gélification de la fécule ne se fait plus, on n'observe qu'un très léger gonflement au bout de quelques jours.

On sait d'ailleurs que la facilité avec laquelle se gélifie l'amidon à chaud dépend de sa teneur en calcium. Si l'on agite préalablement à froid de l'amidon de fécule avec une solution d'oxalate de sodium à 2 %, on constate que l'amidon, ainsi traité, gonfle même dans une solution de salicylate à 10 %. Il semble donc que l'élimination du calcium facilite le gonflement. Toutefois, si l'on rapproche ce résultat du fait signalé par M. Tryler [1] que dans l'amidon de fécule on peut échanger le calcium contre du sodium par simple contact avec une solution de chlorure de sodium à 2 %, il faudrait admettre que le salicylate de sodium ne réalise ce déplacement que pour une concentration beaucoup plus forte.

---

[1] H. Tryler, *Chemiker Zeitung*, 44, 1920, pp. 833 et 845.

MICROBIOLOGIE. — *Fermentation de la cellulose par* Terminosporus thermocellulolyticus (*Pochon* 1942). Note de MM. **Jacques Pochon** et **René Sarciron**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons isolé en 1942 une espèce cellulolytique thermophile nouvelle *T. thermocellulolyticus* (1). Il s'agit essentiellement d'une anaérobie stricte, ne se colorant pas par la méthode de Gram, à spore terminale, faisant fermenter la cellulose (expériences réalisées avec du papier filtre), à la température optima de 65°, en 4 à 6 jours, avec formation d'acides gras volatils, de gaz carbonique et de gaz combustibles, hydrogène et méthane. Le milieu de culture qui doit être maintenu au voisinage de la neutralité par $Co^3Ca$ au cours de la fermentation, contient de faibles quantités de N organique et surtout N ammoniacal. En l'absence de cellulose, la culture est très difficile, seuls les pentoses sont franchement fermentés.

Dans les conditions optima, 95 % de la cellulose mise en fermentation sont détruits en 5 à 6 jours. La presque totalité en est retrouvée sous forme d'acides volatils; les rendements moyens atteignent 60 à 80 % de la cellulose disparue; il s'agit d'un mélange d'acides acétique et butyrique. Nous avons suivi la formation de ces acides au cours de la fermentation : au début, il se forme surtout de l'acide acétique (dans le rapport de $5^{mol}$ d'acide acétique pour 1 butyrique), puis la proportion d'acide butyrique s'élève pour atteindre ou dépasser légèrement celle d'acide acétique. Les rendements moyens, en fin de fermentation, par rapport à la cellulose disparue, sont respectivement de 20 à 30 % d'acide acétique et de 30 à 60 % d'acide butyrique.

En faisant varier les conditions de fermentation (2), il est possible d'orienter différemment le métabolisme de celle-ci et d'obtenir avec des rendements appréciables, des corps, qui, dans le métabolisme normal, n'apparaissent qu'à l'état de traces.

C'est ainsi qu'en substituant à l'anaérobiose stricte un certain degré d'aération, il se forme de l'alcool éthylique, avec un rendement de 10 à 15 % de la cellulose hydrolysée. En ajoutant, à l'acmé de la fermentation, un antiseptique convenable, qui arrête le métabolisme bactérien, mais laisse agir les endocellulases (3), du glucose s'accumule dans le milieu, avec un rendement de 20 à 50 %.

Le tableau ci-après donne les bilans d'un certain nombre de fermentations.

---

(1) J. Pochon, *Annales Inst. Pasteur*, 68, 1942, p. 353.
(2) J. Pochon, *Annales Inst. Pasteur*, 68, 1942, p. 467.
(3) Pringsheim, *Zbl. f. Bakt.*, 38, II, 1913, p. 513.

| | Cellulose fermentée % cellulose mise en fermentation (en g). | Pour 100g de cellulose fermentée. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Acide acétique. | Acide butyrique. | Alcool. | Glucose. |
| Anaérobiose | 90g | 30g | 45g | 2g | 0g |
| Aération | 83 | 20 | 23 | 14 | 0 |
| » | 93 | 18 | 58 | 10 | 0 |
| Avec addition d'antiseptique | 60 | 20 | 32 | 4 | 34 |

Ces rendements sont égaux ou supérieurs à ceux signalés par divers auteurs qui utilisent des cultures impures ([4]) ou *T. thermocellus* ([5]), certains avec des procédés non précisés ([6]). Des recherches sont en cours pour étudier les conditions d'obtention, par voie fermentaire selon notre procédé, d'alcool, de gaz combustibles, d'acide butyrique etc., à partir de sous-produits industriels riches en cellulose.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

---

([4]) Langwell et Hind, *J. Soc. Chem. Ind.* (Rev.), 1923, p. 237; Perwozwansky et Tscheltowa, *Microbiologica*, 5, 1936, p. 388; Veldhuis Christensen et Fulmer, *Ind. Eng. Chem.*, 1936, p. 430; Sarles, Fred et Peterson, *Zbl. f. Bakt.*, 85, II, 1931, p. 401; Scott, Fred et Peterson, *Ind. Eng. Chem.*, 1930, p. 731.

([5]) Viljoen, Fred et Peterson, *J. Agric. Sci.*, 16, I, 1926, p. 46.

([6]) Langwell, Langwell et Picard, Lavgwell et Burton etc. (Brevets U. S. A., Canadiens, Anglais, etc.).

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1943.

*François Fresneau seigneur de La Gataudière, Père du caoutchouc*, par François de Chasseloup-Laubat. Édition réservée aux Amis de « Colombes-Goodrich » sur vélin hévéa, nº 61, orné de 2 planches dans le texte, 5 fac-similés et 16 planches dont 6 en couleurs hors texte. Paris, Plon, 1942; 1 vol. 28cm.

Actualités scientifiques et industrielles, 917. Biologie générale. II. *La genèse de la vie. Phase de l'évolution géochimique*, par Alexandre Dauvillier et Émile Desguin, Paris, Hermann et Cie, 1942; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. M. Caullery).

*Idem*, 924. Biologie générale. III. *Le déterminisme des métamorphoses chez les Amphibiens*, par J.-J. Bounhiol. Paris, Hermann et Cie, 1942; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. M. Caullery).

*Les profils fluviatiles en long. Leurs formes et leur genèse. Essai de méthodes morphogénétiques nouvelles*, par P. S. Jovanović. Paris, Librairie Armand Colin, 1940; 1 vol. 24cm.

*La Basse-Normandie. Esquisse géologique et morphologique*, par Alexandre Bigot. Caen, R. Bigot et Le Tendre, 1942; 1 vol. 25cm.

*Le cahier rouge*, par Claude Bernard. Paris, Galimard, 1942; 1 vol. 19cm.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 8 FÉVRIER 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de deux de ses Correspondants pour la Section de Médecine et Chirurgie : M. **Jean Sabrazès**, professeur honoraire d'Anatomie pathologique et de Microscopie clinique à la Faculté de Médecine de Bordeaux, mort à Bordeaux, le 30 janvier, et M. **Émile Forgue**, professeur honoraire de Clinique chirurgicale à la Faculté de Médecine de Montpellier, mort à Grave (Ariège), le 1er février.

M. **Alfred Lacroix** présente à l'Académie, de la part de Mme **Louis de Launay**, une élégante et pieuse plaquette, consacrée par elle à notre regretté Confrère, à son œuvre géologique, philosophique, poétique et à sa longue vie si bien remplie à tous les points de vue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination des adjoints de quelques opérateurs linéaires non bornés de l'espace hilbertien.* Note de M. **Gaston Julia**.

1. J'ai antérieurement montré [1] que, dans l'espace hilbertien $\mathcal{H}$, de base orthonormale $(e_n)$, la donnée d'un système infini de vecteurs $(A_n)$ permet de définir un opérateur linéaire A par les conditions initiales $A\,e_n = A_n$, doublées de prolongements convenables. A est alors uniforme dans $\{e_1, \ldots, e_n, \ldots\}$ avec $A\left(\sum^n x_k e_k\right) = \sum^n x_k A_k$. Lorsque $X = \sum^\infty x_k e_k$ est dans le noyau $d_A$ où converge fortement la série $\sum^\infty x_k A_k$, la somme de cette série définit la valeur de AX. Le noyau $d_A$ est intérieur au noyau $d'_A$ où converge faiblement la suite $\sum^n x_k A_k$, et la valeur de la limite faible est évidemment une fonction linéaire de X, qui prolonge dans $d'_A$ la valeur AX définie dans $d_A$ par la limite forte de $\sum^n x_k A_k$.

---

(1) *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 733-736.

On peut déterminer l'adjoint exact de A ainsi défini dans $d_A$ ou $d'_A$ par la limite forte ou faible de $\sum^n x_k A_k$, et l'on constate qu'il est le même.

2. Prenons d'abord $AX = \sum^\infty x_k A_k$ pour $X = \sum^\infty x_k e_k$ dans $d_A$. Pour appartenir au domaine d'existence de l'adjoint, T devra être choisi tel que $|(T, AX)|.\|X\|^{-1}$ reste borné dans tout $d_A$. $d_A$ étant partout dense dans $\mathcal{H}$, on aura dans ce cas $(T, AX) = (T^\star, X)$ et l'adjoint $A^\star$ de « A dans $d_A$ » sera défini en T par $A^\star T = T^\star$. On voit que $(T, AX) = \sum^\infty x_k.(T, A_k) = \sum^\infty \overline{(A_k, T)}.x_k$ pour tout X de $d_A$. En particulier, pour tous les $X = \sum^n x_k e_k$, ($x_k$ arbitraire), on devra avoir $\left|\sum^n \overline{(A_k, T)}.x_k\right|.\left(\sum^n |x_k|^2\right)^{-\frac{1}{2}} < M$, M fixe, indépendant de $n$ et des $x_k$, ce qui, en choisissant $x_k = (A_k, T)$, pour $k = 1, 2, \ldots, n$, donne $\sum^n |(A_k, T)|^2 < M^2$ pour tout $n$. T devra donc appartenir au domaine de convergence de la série $\sum^\infty |(A_k, T)|^2$.

Inversement, en tout point T de ce domaine de convergence, la série fortement convergente $\sum^\infty e_k(A_k, T)$ définit un opérateur linéaire $BT = \sum^\infty e_k(A_k, T)$ et l'on aura $(T, AX) = \sum^\infty \overline{(A_k, T)}.x_k = (BT, X)$; par suite $|(T, AX)|.\|X\|^{-1} \leqq \|BT\|$ pour tout X de $d_A$, ce qui signifie que l'adjoint de « A dans $d_A$ » est défini en T, sa valeur $A^\star T$ n'étant autre que $BT = \sum^\infty e_i(A_i, T)$.

L'adjoint de « A dans $d_A$ » est aussi défini avec précision, ainsi que son domaine : c'est $A^\star T = \sum^\infty e_i(A_i, T)$, dans le domaine de convergence de $\sum^\infty |(A_i, T)|^2$ que nous appellerons $D_{A^\star}$.

3. Un raisonnement analogue vaut pour A défini dans $d'_A$ par $AX$ = limite faible de $\sum^n x_k A_k$. L'adjoint de cet A sera défini en T si $|(T, AX)|.\|X\|^{-1}$ reste borné dans $d'_A$. Or, pour tout T de $\mathcal{H}$,

$$(T, AX) = \lim_{n=\infty} \sum^n \overline{(A_k, T)}.x_k = \sum^\infty \overline{(A_k, T)}.x_k,$$

cette série convergeant pour tout T de $\mathcal{H}$ et tout X de $d'_A$. Considérant en particulier les $X = \sum^n x_k e_k$ de $d'_A$, on verra, comme au n° 2, que T devra faire

converger la série $\sum^{\infty}|(A_k, T)|^2$. Réciproquement, si T est ainsi choisi, la série $\sum^{\infty}\overline{(A_k, T)}.x_k$ converge absolument et l'on a : $(T, AX)=(BT, X)$ pour tout X de $d'_A$, ce qui établit que l'adjoint de « A dans $d'_A$ » existe en T avec $A^\star T = BT = \sum^{\infty} e_k(A_k, T)$. L'adjoint de « A dans $d'_A$ » est identique à l'adjoint de « A dans $d_A$ ».

4. Plus généralement, considérons le noyau $d''_A$ des $X=\sum^{\infty} x_k e_k$ pour lesquels $\underline{\lim}_{n=\infty}\left\|\sum^{n} x_k A_k\right\| < +\infty$ ; $\left(\text{il contient tous les points pour lesquels } \overline{\lim}_{n=\infty}\left\|\sum^{n} x_k A_k\right\| < +\infty\text{, il contient } d'_A \text{ et } d_A\right)$. Soit X un de ses points, pour lequel une suite partielle $\sum^{n_i} x_k A_k$ converge faiblement vers une limite Y. Pour tout T de $\mathcal{H}$, on a $(T, Y) = \lim_{i=\infty}\sum^{n_i}\overline{(A_k, T)}.x_k = \sum^{\infty}\overline{(A_k, T)}.x_k$. En prenant T tel que $\sum^{\infty}|(A_k, T)|^2$ converge, la série $\sum^{\infty}\overline{(A_k, T)}.x_k$ converge absolument et sa somme est indépendante de la suite $n_i$. Deux limites faibles quelconques Y et Y′ de la suite $\sum^{n} x_k A_k$ sont donc telles que $(T, Y)=(T, Y')$ pour tout T de $D_{A^\star}$. *Elles sont donc égales si* $D_{A^\star}$ *est partout dense*. On peut alors parler de *la limite faible* de $\sum^{n} x_k A_k$, bien qu'il puisse à priori exister des suites $\sum^{n_i} x_k A_k$ qui, ne restant pas bornées, ne convergent pas faiblement. *Toutes les fois que* $d''_A$ *sera une variété linéaire*, la limite faible précédente sera une fonction linéaire de X, définie dans $d''_A$, égale à $A_k$ pour $X = e_k$; c'est un prolongement de A dans tout $d''_A$, et l'on verrait, par un raisonnement analogue à celui du n° 2, que son adjoint est encore $A^\star T = \sum e_k(A_k, T)$ défini dans $D_{A^\star}$ où converge $\sum |(A_k, T)|^2$.

L'opérateur $A^\star T = \sum^{\infty} e_k(A_k, T)$, apparaissant comme l'adjoint de A dans $d_A$, $d'_A$ ou $d''_A$, sera nécessairement *fermé dans* $D_{A^\star}$, ce que l'on peut aisément vérifier par un calcul direct. En effet, si $T_n$ de $D_{A^\star}$ et $A^\star T_n$ ont des limites fortes T et $T^\star$, pour $n=\infty$, on a, pour chaque $k$, $(e_k, T^\star)=\lim_{n=\infty}(e_k, A^\star T_n)=\lim_{n=\infty}(A_k, T_n)=(A_k, T)$, ce qui prouve 1° que T appartient à $D_{A^\star}$ et 2° que $T^\star = \sum^{\infty} e_k(A_k, T) = A^\star T$.

5. Considérons maintenant l'opérateur $A^\star$ défini par $A^\star X = \sum^{\infty} e_k(A_k, X)$

dans le domaine $D_{A^*}$ où converge la série $\sum^{\infty} |(A_k, X)|^2$. Supposons $D_{A^*}$ *partout dense dans* $\mathcal{H}$ et cherchons l'adjoint $A^{**}$ de « $A^*$ dans $D_{A^*}$ ».

Un point $T = \sum^{\infty} t_k e_k$ appartient au domaine de cet adjoint si $|(T, A^*X)| . \|X\|^{-1}$ reste borné dans $D_{A^*}$. Or $(T, A^*X) = \sum^{\infty} \bar{t}_k (A_k, X)$, série absolument convergente pour tout T de $\mathcal{H}$ et pour tout X de $D_{A^*}$. De plus

$$(T, A^*X) = \lim_{n_i = \infty} \sum^{n_i} \bar{t}_k (A_k, X) = \lim_{n_i = \infty} \left( \sum^{n_i} t_k A_k, X \right)$$

prouve que, si T est tel qu'il existe une suite infinie d'indices $n_i$ croissants, pour lesquels $\left\| \sum^{n_i} t_k A_k \right\| < M$ (M fixe), on aura $|(T, A^*X)| \leq M \|X\|$ dans tout $D_{A^*}$, et T appartiendra au domaine $D_{A^{**}}$ de l'adjoint cherché. Ceci prouve que $D_{A^{**}}$ contient $d''_A$, et que, dans $d''_A$, $A^{**}$ coïncide avec le prolongement de A signalé au n° 4. Ceci fournit une espèce de limite inférieure pour $D_{A^{**}}$. Pour circonscrire davantage $D_{A^{**}}$, par une espèce de limite supérieure, nous devrons faire des *hypothèses supplémentaires sur le système* $A_i$, *entraînant d'ailleurs le fait que* $D_{A^*}$ *est partout dense dans* $\mathcal{H}$, comme je le montrerai ultérieurement.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'arrêt respiratoire dans les accidents d'électrocution.* Note de M. **Léon Binet** et M^lle **Madeleine Poutonnet**.

La syncope respiratoire déterminée par l'électrocution mérite, croyons-nous, une étude analytique approfondie tant à cause de l'intérêt biologique du problème que pour les applications pratiques qu'elle doit dicter. Notre étude est basée sur 85 animaux soumis à l'électrocution dans les conditions suivantes.

*Technique.* — Sur des chiens chloralosés ($10^{cg}$ par kilo), nous avons enregistré la pression artérielle, la pression veineuse, la pression intra-trachéale, les mouvements thoraciques, la pression pleurale, en même temps que nous avons suivi les variations de la composition histologique et chimique du sang et l'évolution de la température rectale.

L'électrocution a été réalisée sur des chiens chloralosés ($10^{cg}$ par kg) avec le courant de la ville : 110 V, 50 périodes par seconde. Sur le circuit, sont montés en série un rhéostat à résistance variable qui permet de régler l'intensité du courant et un ampèremètre, permettant d'apprécier 5 mA et rendant compte à chaque instant de l'intensité du courant qui traverse le chien. Le courant arrive à l'animal par deux électrodes qui sont des plaques métalliques entourées de feutre imbibé d'eau salée. Elles sont appliquées sur la peau du chien préalablement rasée et bien mouillée.

Dans ces expériences, les électrodes ont été placées, une sur le sommet de la

tête et l'autre sur la nuque. Connaissant les perturbations cardiaques déclenchées par l'électrocution, nous avons éliminé ici les dérivations de courant passant par le cœur. D'autre part, pour étudier le phénomène respiratoire aussi pur que possible, nous avons soumis l'animal à l'atropinisation, ($0^{mg},1$ de sulfate d'atropine par kilo), qui s'oppose en partie à la syncope cardiaque.

Ce sont ces seules expériences qui vont nous retenir ici.

Sur un chien chloralosé et atropinisé, un courant, en général supérieur à 25 mA (ce seuil variant de 10 à 25 mA suivant les animaux), provoque un arrêt respiratoire immédiat. Le thorax est alors bloqué en inspiration forcée, il y a une contracture généralisée, les yeux sont révulsés vers le bas. Si l'intensité du courant reste faible (jusqu'à 1 A), cette intensité limite variant beaucoup d'un animal à l'autre, le chien reprendra spontanément sa respiration; cette apnée passagère a une durée qui va en diminuant si l'agression électrique est pratiquée plusieurs fois de suite et à un intervalle de temps inférieur à 30 minutes : il semble y avoir accoutumance du centre respiratoire. Un chien de $14^{kg},300$ est soumis toutes les 10 minutes à un courant de 25 mA. Il présente des arrêts respiratoires dont les durées sont successivement 3 min. 50 sec.; 2 min. 5 sec.; 1 min. 43 sec.; 1 min. 40 sec.; 1 min. 43 sec.; 2 min.; 1 min. 50 sec. et 1 min. 45 sec.

Si l'intensité est assez forte pour empêcher le retour spontané des mouvements respiratoires et si l'animal est à l'air libre, l'apnée aboutit à la mort par asphyxie : la langue bleuit, la tension s'élève et le cœur s'arrête après un temps qui a varié de 2 min. 45 sec. à 7 min. 30 sec. suivant les chiens.

Nous avons étudié les moyens d'empêcher cette mort d'ordre asphyxique et nous voudrions souligner les résultats obtenus lorsque l'appareil respiratoire de l'animal est en relation avec un réservoir d'oxygène pur.

Des auteurs américains ont montré, dans les troubles respiratoires expérimentaux, la portée pratique de l'insufflation permanente d'oxygène. Ces dernières années, M. Strumza, dans notre laboratoire, a obtenu des survies de plusieurs heures chez des animaux mis en apnée par de fortes doses de chloralose et divers procédés expérimentaux, et maintenus en survie pendant plusieurs heures grâce à une connexion de la trachée avec un réservoir d'oxygène. Il nous a semblé intéressant de mettre la trachée de l'animal en relation avec le spiromètre de Tissot rempli d'oxygène. L'animal inspire de l'oxygène pur, expire à l'air libre, et ce n'est qu'au bout de 10 à 15 minutes que l'agression par courant électrique est effectuée. L'animal y répond par l'arrêt respiratoire, mais malgré la continuation de l'apnée, il présente une survie qui mérite une étude analytique.

*Étude de l'apnée.* — L'apnée de cet animal soumis à de telles conditions expérimentales est une apnée de durée, et nous l'avons réalisée souvent pendant 20 min., 30 min., 50 min. et même 1 h. 10 min. avec des courants

variant de 0,1 à 2 A. Si à ce moment on coupe le courant, la respiration repart spontanément, augmentée dans l'amplitude d'abord, dans son rythme ensuite. Si l'apnée est de plus longue durée (1 h. 30 min.), la respiration reparaît bien, mais il peut y avoir, lors du retour de l'animal aux conditions normales, une défaillance du cœur qui entraîne la mort.

Rapportons ici un protocole expérimental. Un chien est soumis pendant 26 min. 30 sec. à un courant de 240 mA. Avant le passage du courant son débit respiratoire était de $1^l,850$; il passe à $5^l,360$ une minute après la rupture du courant. Le rythme monte de 6,5 à 9, une minute après la rupture, pour atteindre 21, quatre minutes après. Pendant l'apnée, si nous examinons l'échelle graduée du spiromètre, nous notons une absorption régulière de $O^2$ à travers l'appareil respiratoire immobilisé de l'animal qui est, dans le cas présent, de $0^l,175$ par minute.

On est frappé, au cours de l'apnée ainsi provoquée, par l'existence de manifestations circulatoires importantes. La tension artérielle subit une ascension immédiate (il n'y a plus de chute de tension due à l'excitation des nerfs pneumogastriques du fait que l'animal a été préalablement atropinisé); au contraire, la tension qui était de $190\text{-}154^{mm}$ de mercure avant le passage du courant, atteint $350\text{-}340^{mm}$ Hg, 30 secondes après la fermeture et baisse progressivement, passant à $250\text{-}240^{mm}$ Hg à la 5$^e$ minute, $210\text{-}196^{mm}$ Hg à la 10$^e$ minute, $170\text{-}160^{mm}$ Hg à la 15$^e$, 140-130 à la 20$^e$ pour arriver à $70\text{-}80^{mm}$ Hg à 26 min. 30 sec. Si à ce moment, le courant est coupé, la tension remonte. Trente secondes après la rupture elle est de $170\text{-}150^{mm}$ Hg, 200-160 une minute après, et se fixe à 190-170 au bout de 10 minutes. L'arythmie respiratoire qui avait disparu pendant l'apnée reparaît immédiatement.

Pendant cette séance d'électrocution, l'hypotension grave peut amener la mort de l'animal; l'expérience nous a montré que si l'on fait, au moment où elle s'installe, des mouvements de respiration artificielle dans l'oxygène, par pressions rythmées, sur le couvercle du spiromètre, la tension remonte verticalement de $50^{mm}$ Hg en 40 secondes, et nous avons été amenés à expliquer ce fait par une atelectasie survenue progressivement. Une dizaine de mouvements respiratoires artificiellement provoqués par la manœuvre précitée suffisent pour combattre l'atelectasie menaçante.

L'examen du sang de nos chiens en expérience nous a montré une élévation du $CO^2$ total plasmatique : il passe de 55 à 63 vol. en 23 minutes avec un courant de 400 mA, de 48 à 67 en 22 min. 45 sec. avec un courant de 1,5 A, pour tomber au-dessous de la normale (25, dans le cas précédent) aussitôt la reprise respiratoire.

Dans la plupart des cas, nous avons noté une hyperglycémie notable : $1^g,61$, $1^g,93$, $2^g,20$ et une élévation du taux des globules rouges dans le sang circulant.

Le temps de coagulation diminue et passe en 20 minutes avec un courant

qui a atteint 2 A, de 9 min. à 3 min. 30 sec., contrairement à ce que l'on observe chez les animaux mis en apnée, soit par un toxique, soit par un double pneumothorax ou une décérébration et qui présentent une hypothermie progressive; la température subit une élévation de 1° à 1°,5 en une heure, du fait des contractures importantes de l'animal.

En résumé, la syncope respiratoire due au courant électrique qui tue en quelques minutes à l'air libre, peut être tolérée, quelle que soit l'intensité du courant, si l'animal est soumis avant et pendant l'électrocution à une oxygénation suffisante.

Il y a là une belle confirmation des recherches de A. d'Arsonval qui avait souligné l'importance des phénomènes respiratoires dans la mort par électrocution.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à chacune des deux chaires d'*Anatomie comparée* et de *Physiologie générale* vacantes au Muséum National d'Histoire Naturelle.

(Renvoi, pour la première, à la Section d'Anatomie et Zoologie et, pour la seconde, à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Secrétariat d'État aux Colonies. Direction du service de santé. *La Situation sanitaire de l'Empire français pendant l'année* 1940, par le Médecin Colonel Le Gall. *Protection de la maternité et de l'enfance indigènes pendant l'année* 1940, par le Médecin Colonel Giordani.

2° G. Oriano de Vaucouleurs. *La planète Mars en* 1941.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur les applications arithmétiques de certains théorèmes dus à É. Picard.* Note de M. **André Roussel.**

Pour exprimer que le nombre $u$ est entier on peut écrire

$$\sin \pi u = 0.$$

On conçoit, par l'application systématique de cette idée, qu'un problème d'arithmétique puisse se ramener à l'étude d'un système de la forme

$$(1) \qquad \sin \pi f_i = 0,$$

les $f$ étant des expressions dépendant de certaines variables jouant le rôle

d'inconnues. Or É. Picard, étendant des résultats de Kronecker, a établi des théorèmes généraux donnant le nombre des solutions (supposées simples) d'un système d'équations qui sont contenues dans un domaine donné [1]. Ainsi le nombre des solutions d'un système tel que

$$P(x, y) = Q(x, y) = 0$$

contenues dans une aire A limitée par un contour C, s'exprime par la somme de deux intégrales, l'une étendue au contour C, l'autre à l'aire A, dont nous ne rappelons pas l'expression ici faute de place.

Partant de l'idée exprimée au début, on peut prévoir que l'application de ces théorèmes (après éventuellement une adaptation convenable) à des systèmes (1), fournissent, théoriquement du moins, la solution des problèmes envisagés. On peut former ainsi de nombreuses *fonctions arithmétiques*. Nous indiquerons ici seulement le principe de deux applications importantes :

1° Le nombre des solutions du système

$$\sin \pi x = 0, \qquad \sin \pi \left(\frac{y}{x}\right) = 0$$

contenues dans le domaine rectangulaire

$$2 - \frac{1}{2} \leqq x \leqq n - \frac{1}{2}, \qquad m - \frac{1}{2} \leqq y \leqq n + \frac{1}{2}$$

est égal au nombre $k$ des entiers *non premiers* compris entre $m$ et $n$. Appliqué au système précédent, le théorème de É. Picard mentionné donne l'expression exacte de $k$, d'où le nombre des entiers premiers compris entre $m$ et $n$. En faisant $m = n = p$, on obtient, sous forme analytique, une condition nécessaire et suffisante pour que $p$ soit premier.

2° N étant un entier quelconque supérieur à un, $p$ un entier inférieur à N, on voit facilement que le nombre des solutions du système

$$\sin \pi x = 0, \qquad y - \sin \pi \frac{p}{x} = 0,$$

qui sont contenues dans le rectangle

$$\frac{1}{2} \leqq x \leqq N + \frac{1}{2}, \qquad - \sin \frac{\pi}{N} \leqq y \leqq \sin \frac{\pi}{N},$$

est égal au nombre $d$ des diviseurs de $p$. L'expression de $d$ en fonction de $p$ est donnée par le même procédé. On peut songer à utiliser la méthode précédente pour chercher à obtenir des indications relatives au nombre $r$ des solutions entières de l'équation

$$z^n = x^n + y^n$$

comprises dans un certain domaine. Mais les intégrales dont la somme donne $r$

---

[1] Voir É. Picard, *Traité d'Analyse*, II, Chap. VII, p. 205 à 220, Paris, 1905.

(on devrait avoir $r$ nul si le dernier théorème de Fermat est exact) paraissent difficiles à étudier.

Dans tout ce qui précède les variables sont réelles.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une théorie analytique nouvelle des grosses planètes du système solaire.* Note de M. **Henri Roure**.

Nous avions essayé de faire la théorie analytique de Pluton (¹) en adaptant à cet effet la méthode que Hill et Brown ont utilisée pour la Lune. Nous avons ensuite étudié les petites planètes par groupes (²) en adaptant cette même méthode à ce cas particulier.

Nous avons maintenant transformé la méthode de manière à pouvoir l'appliquer à l'étude des grosses planètes du système solaire.

Dans la méthode de Hill-Brown, le mouvement de la Lune est rapporté au plan parallèle à l'écliptique mené par le centre de la Terre pris comme origine, et le mouvement du Soleil est rapporté au plan passant par le centre de gravité du système Terre-Lune, et parallèle au premier. La latitude du Soleil est supposée nulle. Dans notre méthode, nous supposons tous les corps rapportés au centre du Soleil et au plan de l'écliptique, introduisant ainsi les latitudes des planètes. Nous avons obtenu ainsi des équations simples pour déterminer les coefficients des développements en séries, les *calculs étant uniformes et purement algébriques.*

Notre méthode primitive supposait les deux planètes, troublée et troublante, dans l'écliptique. Nous avons démontré (³) que l'on peut supposer seulement la planète troublée dans l'écliptique, et tenir compte, dès la première approximation, de la latitude de la planète troublante, *la forme des intégrales des équations du problème ne changeant pas.*

Actuellement, nous avons développé cette dernière méthode et formé des séries où *la latitude de la planète troublante entre dans la composition des arguments placés sous les signes sinus et cosinus.*

Notre méthode possède les avantages suivants :

1° Tous les calculs sont algébriques et simples.

2° *Dès la première approximation on tient compte de toutes les puissances des masses.*

3° *On obtient comme solution, à la fois les coordonnées rectangulaires et les coordonnées polaires*, ce qui permet des vérifications.

4° La latitude de la planète troublante entre dans la composition des arguments, ce qui facilite les calculs.

---

(¹) *J. des Obs.*, 18, 1935, nᵒˢ 1, 3, 6, pp. 1-14, 33-51, 93-105.

(²) *J. des Obs.*, 22, 1939, nᵒˢ 4 (4, 5) 5, 6 (6, 7) 7, pp. 65-108, 109-141.

(³) *J. des Obs.*, 25, 1942, nᵒˢ 7, 8, p. 71-77.

5° *On peut tenir compte successivement des actions des autres planètes avec les mêmes équations. Les seconds membres changeant seuls.*

6° Par l'introduction de la latitude de la planète troublante dans les arguments et par le choix de la variable indépendante, la mise en tables est facilitée.

7° Il n'y a pas de termes séculaires.

Nous pensons donc, vu tous ces avantages, avoir obtenu un moyen d'édifier une théorie moderne du système solaire.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'intervention d'une forme particulière de l'ion $(\overline{N^3})$ dans la photolyse des solutions d'azotures alcalins en solution aqueuse.* Note de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Jacques Duclaux.

J'ai déjà signalé [1] que la photolyse des solutions d'azotures sous l'influence des rayons ultraviolets (2537 Å) est une réaction par chaînes, le porteur de chaînes étant l'azote actif $(N^{2\star})$ mis en évidence par R. Audubert dans le cas de la thermolyse des azotures solides et de l'électrolyse des mêmes corps. Cette réaction présente une période de latence. Pour expliquer cette particularité, j'ai été conduit à admettre [2] que la décomposition se faisait par l'intermédiaire d'une forme particulière de l'ion $(\overline{N^3})$ que je désigne par $(\overline{N^3})'$, plus absorbante entre 2400 et 2600 Å et présentant une vie moyenne [3] de 5 minutes. Selon cette hypothèse, $(\overline{N^3})'$ se formerait sous l'influence du rayonnement incident et par absorption des photons émis par la désactivation de $(N^{2\star})$ suivant la réaction $(N^{2\star}) = (N^2) + h\nu_1$.

L'étude de la cinétique de la réaction permet de vérifier directement cette hypothèse. En effet, si la photolyse se produit à partir de $(\overline{N^3})'$, la vitesse de décomposition au moment où l'on établit le rayonnement est proportionnelle à la concentration en $(\overline{N^3})'$. Supposons alors que nous soumettions une solution donnée d'azoture au rayonnement ultraviolet, pendant un temps $t$; d'après nos hypothèses il va s'établir dans la solution une certaine concentration $x$ en $(\overline{N^3})'$ dépendant de $t$. Faisons alors cesser l'irradiation pendant un espace de temps $\Delta t$. La concentration $x$ au temps $t$ va décroître pendant l'intervalle de temps $\Delta t$ et sera $x + \Delta x$ à l'instant $t + \Delta t$ où nous rétablissons le rayonnement.

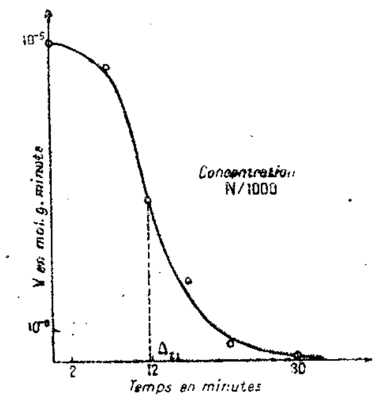
La vitesse V de décomposition à cet instant sera donc proportionnelle à $x + \Delta x (\Delta x < 0)$. On voit donc qu'en faisant plusieurs expériences, avec des $\Delta t$ variables, on peut connaître l'évolution relative de la concentration $x$ avec le temps quand le rayonnement n'agit pas. En portant les quantités $\Delta t$ en

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 65.

(2) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 52.

(3) Déterminée spectroscopiquement (*ibid.*, p. 53).

abscisses et les quantités V en ordonnées, on obtient une courbe $V = \varphi(t)$ qui se déduit de la courbe $x = f(t)$ en multipliant les ordonnées par une constante inconnue K et qui présente l'allure indiquée à la figure.




Cette courbe ne correspond à aucune forme analytique simple pour les faibles valeurs de $\Delta t$; par contre, à partir d'une certaine valeur de $\Delta t$ : $\Delta t_1$, la courbe $V = \varphi(t)$ répond à la formule

$$V = A\, e^{-\mu t} \qquad (\mu = \text{const.});$$

on a par suite

$$x = \frac{A\, e^{-\mu t}}{K}.$$

Ces faits s'expliquent facilement si l'on considère que la réaction par chaînes continue pendant un certain temps après l'extinction du rayonnement en raison de la présence des $(N^{2\star})$ suivant le schéma [1]

$$(1) \qquad (\overline{N^3}) + h\nu = (\overline{N^3})' \qquad\qquad (N + N = N^2),$$

$$(2) \qquad (\overline{N^3})' + h\nu = N^{2\star} + N$$

$$(3) \qquad H^2O + (N^{2\star}) + (\overline{N^3}) = N^2 + N^{2\star} + (NH) + (\overline{OH}) \qquad (NH + H^2O = NH^2OH),$$

$$(4) \qquad H^2O + (N^{2\star}) + (\overline{N^3})' = N^2 + N^{2\star} + (NH) + (\overline{OH})$$

$$(5) \qquad (N^{2\star}) = N^2 + h\nu_1,$$

$$(6) \qquad (\overline{N^3}) + h\nu_1 = (\overline{N^3})',$$

$$(7) \qquad (\overline{N^3})' = (\overline{N^3}).$$

On voit par suite que la diminution de $x$ [réaction (7)] peut être compensée en partie par le processus inverse [réaction (6)].

Mais, pour les assez grandes valeurs de $\Delta t$, la concentration en $N^{2\star}$ devient très faible et la décroissance de $(\overline{N^3})'$ est seulement due à la réaction (7). Si l'on appelle $\mu$ le coefficient de vitesse de cette réaction, on voit immédiatement que l'on est conduit, en écrivant la cinétique du phénomène, à l'équation

$$\frac{dx}{dt} = -\mu x.$$

En intégrant on obtient

$$x = B\, e^{-\mu t} \qquad (B = \text{const.}),$$

---

[1] Voir *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 154. $\nu$ fréquence des photons incidents.

qui correspond bien à l'allure de la courbe expérimentale. En outre, la détermination de $\mu$ permet de calculer la vie moyenne $\tau$ de $(\overline{N^3})'$, selon la formule

$$\tau = \frac{1}{\mu}.$$

Cette détermination donne 5 minutes.

Les expériences précédentes semblent prouver que la photo-décomposition des azotures fait intervenir un corps intermédiaire; d'autre part la bonne concordance de la valeur de la vie moyenne obtenue par la présente méthode et par la spectroscopie confirme que l'ion $(\overline{N^3})'$, qui produisait les variations d'absorption déjà signalées ([3]), agit également comme intermédiaire dans la photolyse.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Détermination d'un profil de chambre de combustion donnant lieu à une variation de pression donnée.* Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. Armand de Gramont.

On sait les efforts considérables tentés depuis une vingtaine d'années par les techniciens, en vue de donner à la chambre de combustion des moteurs à explosion un profil conduisant à une loi de variation de pression optima, soit du point de vue du rendement, soit du point de vue de la douceur de marche. C'est de ce problème, qui semble n'avoir jusqu'ici fait l'objet que de recherches d'ordre expérimental, dont nous esquissons ci-dessous une solution théorique.

Considérons donc une chambre de combustion dans laquelle nous

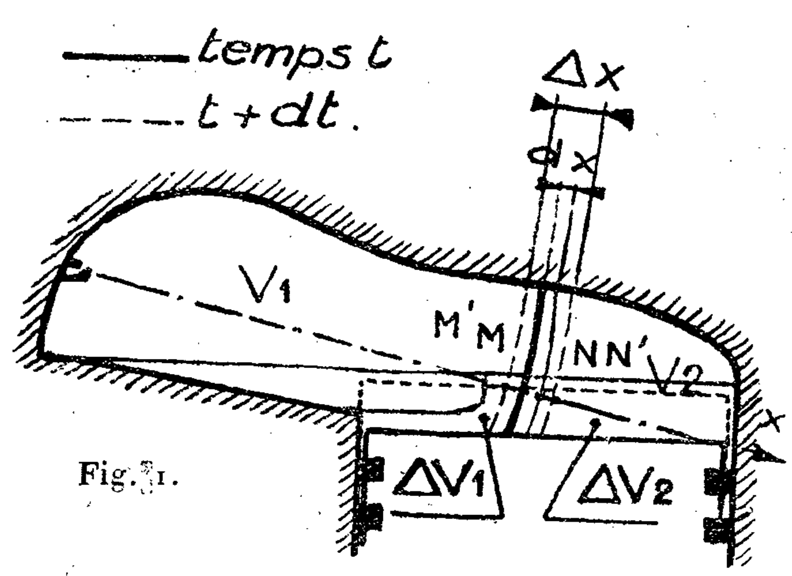


Fig. 1.

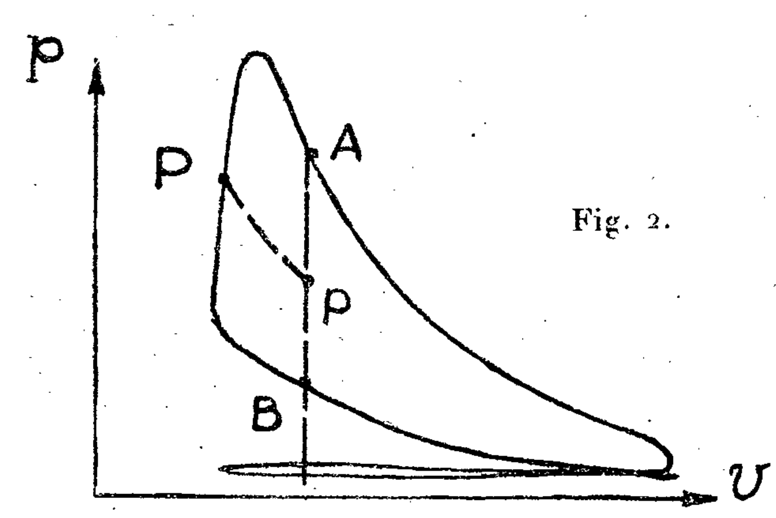


Fig. 2.

supposerons que la flamme se propage comme une onde sphérique à partir du point d'allumage O (*fig.* 1) et soient à l'instant $t$ :

$x$, la distance de la flamme au point O;
S, la surface de la flamme;
$V_1$, le volume des gaz brûlés;
$V_2$, le volume des gaz non brûlés;
$dx$, la distance de la position M de la flamme à l'instant $t$ et de la position N qu'occupe au même instant la tranche gazeuse qui brûlera à l'instant $t + dt$;

$\Delta x$, la distance qui sépare la position M′ que prend la tranche M à l'instant $t + dt$ de la position N′ de la flamme au même instant;
$u$, $= dx/dt$, la vitesse de propagation de la flamme;
W, la vitesse apparente de la flamme;
$n$, le coefficient polytropique de compression des gaz frais;
$n'$, le coefficient polytropique de compression des gaz brûlés;
T, la température du mélange non brûlé;
T′, la température du mélange qui vient de brûler;
$a$, l'expansion moléculaire;
$\Delta V_1$, l'accroissement *dû au mouvement du piston* du volume occupé par les gaz brûlés;
$\Delta V_2$, l'accroissement *dû au mouvement du piston* du volume occupé par les gaz frais;
C′, la chaleur spécifique *à pression constante* des gaz brûlés.

On a pour les gaz frais $Pv^n = \text{const.}$, d'où $(dP/P) + n(dv/v) = 0$, et pour les gaz brûlés $Pv^{n'} = \text{const.}$, d'où $(dP/P) + n'(dv/v) = 0$.

On peut donc écrire $\dfrac{dP}{P} = -n\dfrac{dV_2 + \Delta V_2}{V_2} = -n\dfrac{dV_1 + \Delta V_1}{V_1}$, d'où

$$n\frac{dV_2 + \Delta V_2}{V_2} = \frac{n'(dV_1 + dV_2) + (n - n')\,dV_2 + n'\Delta V_1 + n\,\Delta V_2}{V_1 + V_2};$$

or $\Delta x/dx = a(T'/T)$, d'où $dV_1 + dV_2 = S(\Delta x - dx) = a\left(\dfrac{T'}{T} - 1\right)S\,dx$,

$$\frac{dV_2}{S\,dt} = \frac{V^2}{nV_1 + n'V_2}\left[n'\left(a\frac{T'}{T} - 1\right)\frac{dx}{dt} + \frac{n'\Delta V_1 + n\,\Delta V_2}{S\,dt} - n\frac{V_1 + V_2}{V_2}\frac{\Delta V_2}{S\,dt}\right],$$

d'où la vitesse apparente

$$(1)\qquad W = u + \frac{dV_2}{S\,dt} = u\left[1 + \frac{n'V_2}{nV_1 + n'V_2}\left(a\frac{T'}{T} - 1\right)\right] + \frac{n'V_2\dfrac{\Delta V_1}{S\,dt} - nV_1\dfrac{\Delta V_2}{S\,dt}}{nV_1 + n'V_2}.$$

Par ailleurs, si l'on désigne par $m$ la masse brûlée à l'instant $t$ et par M la masse totale, par $P_0$ et $V_0$ la pression et le volume à l'instant initial, on a évidemment $V_2/V_0 = [(M - m)/M](P_0/P)^{1/n}$.

Et comme $$\frac{1}{P}\frac{dP}{dt} = -\frac{n}{V_2}\left(\frac{dV_2}{dt} + \frac{\Delta V_2}{dt}\right),$$

$$(3)\qquad \frac{dP}{dt} = \frac{-nP}{nV_1 + n'V_2}\left[n'\left(a\frac{T'}{T} - 1\right)S\frac{dx}{dt} + n'\frac{\Delta V_1 + \Delta V_2}{dt}\right].$$

Enfin on peut déterminer la masse brûlée à un instant quelconque correspondant à un point P d'un diagramme réel représentant l'évolution d'une masse M de mélange, en remarquant que l'énergie totale libérée entre les instants correspondant aux points A et B du même diagramme situés un peu avant le début de la combustion et un peu après la fin de celle-ci a pour valeur

$$W_B = EMc'(T_B - T_A) + \int_A^B P\,dv.$$

Or, en désignant par $p_1 v_1 T_1$ les conditions de fin d'admission, on a

$T_B - T_A = a(P_A V_A / P_1 V_1) T_1 [(P_B - P_A)/P_A]$, d'où

$$W_B = EMc'a \frac{P_A V_A}{P_1 V_1} T_1 \frac{P_B - P_A}{P_A} + \int_A^B P\,dv, \tag{4}$$

Et pour un point P

$$W_P = EMc'a \frac{P_p V_p}{P_1 V_1} T_1 \frac{P_p - P_A}{P_A} + \int_A^P p\,dv. \tag{5}$$

Si par conséquent on admet que le pourcentage de chaleur perdue par la paroi est constant, on connaît la masse brûlée au point P :

$$m = M \frac{W_P}{W_B}. \tag{6}$$

Enfin on peut remarquer que

$$T = T_1 \left(\frac{P}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}, \tag{7}$$

et que l'accroissement de température $T' - T$ réalisé pendant la combustion à pression constante d'une tranche quelconque a pour expression.

$$(T' - T) = \frac{W_B}{EC'M}. \tag{8}$$

Il suffit alors de connaître un diagramme pression-angles de manivelle enregistré sur un moteur muni d'une chambre de combustion de forme connue pour résoudre le problème posé.

Si l'on considère, en effet (*fig.* 2), un point P de ce diagramme, il définit une valeur de P, une valeur de $dP/dt$ et par l'équation (5) une valeur de $W_p$, d'où l'on déduit la masse brûlée $m$ par les équations (4) et (6) et la valeur de $T' - T$ par (4) et (8). L'équation (2) permet alors de calculer la valeur correspondante de $V_2$, donc de situer l'emplacement de la flamme, sa surface S et les valeurs de $\Delta V_1/dt$ et $\Delta V_2/dt$. *L'équation* (3) *fournit donc les valeurs de la vitesse de propagation* $u(dx/dt)$ *en fonction de* P, et l'on pourra en tracer la courbe représentative.

Cette courbe étant tracée, il suffira, pour obtenir les sections à donner à la chambre de combustion en vue de réaliser un diagramme donné, de considérer de petits intervalles de temps successifs $\Delta t$ et de remarquer que l'équation (1) donne le chemin $W\,\Delta t$ parcouru par la flamme pendant un de ces intervalles, et l'équation (2) le volume non brûlé, donc le volume brûlé, ce qui précise parfaitement l'abscisse $x$ de la flamme. L'équation (3) donne alors la valeur de S en fonction de $dv/dt$ qui est connu.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les déplacements des microcristaux au sein d'un cristal d'aluminium subissant une déformation permanente par torsion simple.* Note de M. **Raymond Jacquesson**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons utilisé des cristaux d'aluminium cylindriques ($d = 0^{mm},8$, $l = 5^{mm}$), constituant des microéprouvettes de torsion qui ont été tordues progressivement jusqu'à rupture (1 tour par millimètre environ). La structure est étudiée à l'aide d'un faisceau large ($d = 1^{mm}$), de rayons X parallèles, monochromatiques et pénétrants ($K_\alpha Mo$).

Les taches radiales produites par la torsion faible ($\tau < 6^{o}$ par millimètre) et provenant de l'allongement des spots du diagramme de Laue disparaissent pour $\tau > 10^{o}$ par millimètre, et sont remplacées par des secteurs curvilignes dont la longueur augmente quand croît la torsion. Lorsque celle-ci atteint $90^{o}$ par millimètre environ, ces secteurs forment des courbes fermées, d'allure elliptique, dont le grand axe est incliné d'environ $45^{o}$ sur une direction parallèle à l'axe du fil, tantôt vers la gauche, tantôt vers la droite, suivant le sens de torsion de l'éprouvette.

Pour expliquer ces diagrammes d'aspect bien particulier, nous avons admis une distribution hélicoïdale des microcristaux provenant de la dislocation du cristal initial. Ces microcristaux, dont la taille peut descendre à celle des blocs-mosaïque, conservent intérieurement la structure réticulaire ordinaire de l'aluminium, avec les mêmes distances, mais ont été entraînés dans le mouvement d'ensemble produit par la torsion, de façon que leurs éléments de plan $p$, $q$, $r$, qui, avant la torsion, formaient le plan $pqr$, sont maintenant tangents à des hélicoïdes ou très peu inclinés sur eux. La famille de plans $pqr$ forme donc, du fait de la torsion, une famille d'hélicoïdes $pqr$.

Nous avons recherché par le calcul la forme générale des diagrammes et les relations quantitatives caractérisant la réflexion d'un large faisceau de rayons X, monochromatiques et parallèles, sur une famille d'hélicoïdes de pas graduellement décroissant ($\tau$ croissant) lorsque la condition de Bragg $n\lambda = 2\, d_{pqr} \sin\theta_{pqr}$ continue à être valable.

Les conclusions de ce calcul se trouvent entièrement vérifiées par les diagrammes expérimentaux, ce qui justifie l'hypothèse d'une texture hélicoïdale.

Ainsi les particules cristallisées de l'aluminium provenant de la dislocation du cristal initial se comportent, bien au delà de la limite d'élasticité de ce métal, comme le font celles d'un corps élastique de même forme, soumis à la même déformation puisque, dans les deux cas, des plans deviennent par torsion des hélicoïdes.

La différence fondamentale entre le milieu à texture granulaire qu'est l'aluminium tordu et le milieu élastique continu est que, le couple de torsion

diminuant, les microcristaux d'aluminium restent figés dans une position voisine de celle où les a amenés la torsion maximum de l'éprouvette alors que, dans le solide élastique, il y aurait retour à l'état initial.

On peut ainsi imaginer le processus de la dislocation de l'aluminium. Supposons un volume $dv$ pris au sein du cristal. Sous l'influence de la déformation, ce volume est entraîné dans le mouvement d'ensemble et, comme dans un solide élastique, est soumis à des variations de forme et de volume concevables dans ce dernier, mais incompatibles avec la persistance de la forme et des dimensions des mailles cristallines. Il va donc se produire dans ce volume $dv$ des déchirures et des glissements modifiant profondément l'architecture cristalline et créant en particulier des écarts angulaires entre les blocs voisins, d'où rotation relative de ceux-ci. Dans ces zones de discontinuité, des atomes vont se disposer de manière à occuper des positions moyennes où leur énergie potentielle a un minimum relatif. Ils gênent ainsi le retour les uns vers les autres des blocs primitivement jointifs et provoquent une déformation permanente.

De plus, cette structure perturbée, relativement instable, a tendance à évoluer avec le temps vers une plus stable, et l'on peut ainsi expliquer les modifications lentes de certaines propriétés mécaniques des métaux (frottement interne, par exemple) aussitôt après une déformation permanente.

La séance est levée à $16^h$.

L. B.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 15 FÉVRIER 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un volume intitulé *Ved W. C. Brøggers Bortgang. Gravferd og Minnemøte*.

*Notice nécrologique sur* M. JEAN SABRAZÈS, par M. **Hyacinthe Vincent**.

M. **Jean Sabrazès**, Professeur à la Faculté de Médecine de Bordeaux, avait été élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie le 15 juin 1936. Né le 12 janvier 1867, il a succombé le 30 janvier dernier. Il était Associé national de l'Académie de Médecine.

Le nom du Professeur Sabrazès éveille un ensemble imposant de travaux de premier ordre dans le domaine des infections parasitaires, dans celui de la Médecine clinique, dans la Toxicologie, dans l'Anatomie pathologique. On lui doit des recherches classiques sur le *favus* humain et animal; il a découvert *Oospora gallina*, *Achorion gallinæ*, *Achorion gypseum* etc. On lui doit encore la découverte de Trypanosomes nouveaux.

Il a étudié les localisations du Bacille tuberculeux, son passage transplacentaire, sa localisation élective dans les points de croissance des embryons.

On rappellera ici les recherches expérimentales de M. Sabrazès sur la toxicité des benzènes.

L'Anatomie pathologique lui doit des travaux de grande importance sur les myélites, la syringomyélie, les glioses, les myopathies, la tétanie strumiprive, la syphilis, le pian, la fuso-spirochétose, sur certaines altérations des globules sanguins (hématies à granulations basophiles), etc. Dans chacun des problèmes qu'il a abordés et approfondis, il a apporté des constatations nouvelles, des aperçus originaux. Doué d'une activité scientifique exceptionnelle, il a également publié, seul ou en collaboration, d'importants ouvrages sur les tumeurs des os, récompensés par notre Académie; sur la néphrite post-traumatique;

sur le milieu synovial physiologique et pathologique; sur les tumeurs des articulations; sur les angines lymphomonocytaires, l'agranulocytose, etc.

L'ensemble des travaux de Jean Sabrazès témoigne de son éminente valeur scientifique comme homme de laboratoire, comme anatomo-pathologiste et comme clinicien.

IMMUNOLOGIE. — *Immunisation active contre la leucémie des Poules par injection de sang total de virulence atténuée.* Note de MM. **Gustave Roussy, Maurice** et **Paul Guérin**.

Depuis la connaissance des phénomènes d'immunisation, dont l'étude a atteint son plein épanouissement avec l'ère pastorienne, de nombreuses tentatives de vaccination du cancer ont été faites : elles se sont terminées finalement par un échec complet. Mais la découverte de virus capables de provoquer des tumeurs chez l'animal a donné un regain d'actualité à ces expériences anciennes. C'est ainsi que l'existence de phénomènes d'immunité a pu être établie pour la sarcome de Rous chez la Poule, et plus récemment pour le papillome de Shope chez le Lapin.

Il était donc intéressant de savoir si une autre maladie à virus, telle que la leucémie des Poules (qui peut être considérée comme un véritable cancer du sang), n'était pas susceptible de présenter des réactions d'immunité. A l'Institut du Cancer, en 1937, J. Greppin (1) et l'un d'entre nous avec Oberling (2), n'ont pas obtenu de résultats probants au cours de leurs premiers essais.

Dans ces dernières années nous avons repris ces expériences sur de nouvelles bases, en utilisant non plus le virus isolé, mais bien le sang total des Poules leucémiques contenant virus et cellules leucémiques, atténué de diverses façons.

Nos expériences ont eu pour point de départ deux constatations faites au cours des inoculations leucémiques chez la Poule.

Après inoculation d'un lot d'animaux, la plupart succombent à la maladie, mais il en est toujours un petit nombre (5 % dans notre souche) qui résistent d'emblée. Or, en faisant des inoculations successives à ces animaux, on constate après chacune que certaines poules succombent, en proportion de plus en plus faible, si bien qu'après un petit nombre d'inoculations en série, en général 4 ou 5, presque tous les animaux survivants sont immunisés (97 % dans notre statistique) : ces Poules sont capables de résister à des inoculations ultérieures même très virulentes, consistant en injection intra-veineuse de sang leucémique total à la dose de $0^{cm^3},250$. C'est ainsi que nous avons eu des animaux encore négatifs à la 17e réinoculation. Malgré cet état d'immunité incontestable,

(1) *Bull. Association française pour l'étude du Cancer,* 26, 1937, n° 3, p. 232.

(2) Ch. Oberling et M. Guérin, *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 1061.

l'emploi du sang total ou des constituants sériques (sérine et globuline), des poules immunisées n'a pas permis de mettre en évidence, tout au moins *in vivo*, un pouvoir neutralisant du sérum ([3]).

Par ailleurs, nous avons constaté que lors de la réinoculation des poules qui avaient été négatives après une première inoculation, le nombre d'animaux résistants était d'autant plus élevé que la première inoculation avait été de virulence plus grande : il était de 30 % pour une virulence faible, de 62 % pour une virulence moyenne et de 80 % pour une virulence forte.

Ainsi l'immunisation active des animaux semblait sous la dépendance de deux facteurs : d'une part la répétition des injections pour une virulence donnée et d'autre part l'intensité même de cette virulence.

Il était donc légitime de se demander si l'on ne pouvait pas arriver à créer un état d'immunité réel chez des animaux neufs par une méthode progressive, en partant d'une inoculation pratiquement avirulente et en utilisant des injections successives de plus en plus virulentes.

C'est sur la base de cette conception théorique que nous avons essayé d'établir une technique permettant d'obtenir une immunisation active chez des poules contre une inoculation d'épreuve particulièrement virulente, puisqu'elle consistait en une inoculation intramusculaire non pas de virus isolé, mais de sang total, contenant, outre le virus, des cellules leucémiques elles-mêmes.

Les méthodes d'atténuation de virulence que nous avons employées successivement consistaient dans l'utilisation de sang leucémique traité par divers procédés, sang glycériné avec séjour à la glacière, sang chauffé, sang dilué ou enfin sang formolé.

Au début nous avons donc utilisé du sang glycériné ayant séjourné un temps plus ou moins long à la glacière, variant de 5 à 28 semaines : les 2 ou 3 injections préparantes étaient faites en général à 3 semaines d'intervalle et l'injection d'épreuve 6 à 8 semaines après la dernière. Dans l'ensemble 6 Poules sur 9, soit 66,5 %, se sont montrées résistantes, alors que les 6 Poules témoins sont toutes mortes de leucémie. Mais cette technique avait l'inconvénient d'exiger une préparation assez longue par séjour du sang à la glacière, qui s'accompagnait de variations de virulence imprévisibles ; aussi avons-nous cherché des méthodes plus rapides.

Nous avons eu recours à l'atténuation par la chaleur, comme d'autres auteurs l'avaient fait antérieurement. Pour cela nous avons utilisé, comme première injection préparante, du sang conservé 90 minutes à l'étuve à 56° et comme seconde injection, faite une semaine plus tard, du sang du même animal, qui était resté à l'étuve à 37° pendant les 7 jours. Mais cette méthode nous a paru insuffisante pratiquement, puisque dans deux tentatives expéri-

---

([3]) M[lles] MARCHAL, PATUREL, MM. M. et P. GUÉRIN, *Bull. Acad. Médecine*, 123, 1940, pp. 503-505.

mentales nous avons rencontré 11 poules résistantes sur 25, soit 44 %, alors que chez les poules témoins le pourcentage était de 3 sur 8, soit 37,5 %. L'écart était faible et il est vraisemblable que l'atténuation du virus par séjour à l'étuve à 56°, puis à 37°, a été trop forte et a diminué le pouvoir immunisant.

Aussi, pour mieux doser la virulence des injections préparantes, de façon à établir une action progressive du virus, nous avons songé à utiliser des injections répétées de sang leucémique en *dilution d'activité croissante*.

Dans diverses séries nous avons pratiqué des injections soit aux taux successifs de 1/10000, 1/1000, 1/100 à 10 jours d'intervalle, soit aux taux successifs de 1/100, 1/10 et 1 au nombre de 3 avec trois semaines d'intervalle ou au nombre de 7 avec une semaine d'intervalle. L'inoculation d'épreuve était faite, dans le premier cas 1 mois, dans le second cas 2 mois environ après le début des injections préparantes. Au total nous avons constaté qu'il y avait 20 poules immunisées sur 45, soit 44,5 %, alors que chez les témoins il n'y en avait que 5 sur 21, soit 24 %. L'écart entre les deux, bien qu'intéressant, ne présente pas une telle importance que la méthode puisse être considérée comme une méthode d'immunisation suffisante et sûre. Aussi nous sommes-nous adressés à la méthode préconisée par M. Ramon, dont l'emploi s'est révélé particulièrement efficace en immunologie, c'est-à-dire à l'atténuation par le formol.

On sait qu'en 1922 M. Ramon, utilisant le phénomène de floculation produit au sein d'un mélange de toxine diphtérique et de sérum spécifique, mit au point une méthode de dosage, permettant de titrer *in vitro* l'antitoxine diphtérique. Cette méthode lui fournit le moyen de démontrer l'année suivante que la toxine peut, dans certaines conditions, se transformer en un dérivé inoffensif qui conserve à la fois la propriété floculante et le pouvoir immunisant de la toxine : tel est le cas du dérivé obtenu en soumettant la toxine à l'action simultanée d'une petite quantité de formol et de la chaleur ménagée. Le principe de l'anatoxine était ainsi découvert : ce fut le point de départ d'une méthode de vaccination antidiphtérique. On sait également que dans les années suivantes M. Ramon appliqua ce procédé à d'autres toxines, en particulier à la toxine tétanique, et aux venins. Tout récemment enfin, il étendit ses recherches à la mise au point d'une méthode d'immunisation contre les virus, en particulier ceux de la vaccine et de la fièvre aphteuse, en utilisant un virus modifié par le formol et la chaleur, qu'il dénomma par analogie *anavirus*.

Au cours de nos propres recherches sur le virus de la leucémie des Poules, nous avons été contraints, par l'observation des faits ([4]), de modifier un peu la technique originale de M. Ramon. Actuellement nous employons du sang total,

---

([4]) Des expériences antérieures, entreprises en 1936 avec Ch. Oberling, et restées inédites, nous avaient montré que le sang formolé et exposé à la chaleur ne permettait pas d'immuniser les animaux.

additionné de formol neutre au taux voulu et conservé 24h à la glacière à 0°. Le taux limite, capable de déclencher des réactions d'immunité, sans provoquer de leucémie chez l'animal neuf, nous a paru se placer dans nos premiers essais au voisinage de 1/300.

Dans les tentatives d'immunisation que nous avons faites, sur cette base, nous avons observé que 7 poules étaient résistantes sur 10 chez les animaux en expérience, et seulement 2 sur 8 chez les Poules témoins. C'est le plus fort pourcentage que nous ayons obtenu jusqu'ici (70 %) avec cette technique.

Dans nos expériences, toutes les inoculations d'épreuve ayant été faites avec du sang total, nous avons été amenés à admettre que, dans la leucémie des poules, une certaine immunisation peut être obtenue, non seulement contre le virus leucémique isolé, mais aussi contre la cellule leucémique elle-même.

Ces expériences viennent, par ailleurs, démontrer, tout au moins chez les Oiseaux, l'existence de phénomènes d'immunisation dans les processus cancéreux, tels que des leucémies.

## COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1943, ouvert en la séance du 1er février, est clos en celle du 15 février.

49 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Francœur.* — MM. J. Hadamard, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, A. Denjoy.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet.* — MM. É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, N....

III. Astronomie : *Prix Lalande, Valz, G. de Pontécoulant, fondation Antoinette Janssen.* — MM. H. Deslandres, A. Cotton, G. Perrier, Ch. Fabry, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux, Alexandre Givry.* — MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, G. Perrier, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, E. de Martonne.

V. Navigation : *Prix Plumey.* — MM. R. Bourgeois, É. Borel, M. de Broglie, G. Perrier, Ch. Fabry, J. Drach, É. Jouguet, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, E. de Martonne, N....

VI. Physique : *Prix Gaston Planté, François Hébert, Henri de Parville,*

*Hughes, Pierson-Perrin, fondations Danton, Clément Félix, Général Ferrié.* — MM. M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, P. Langevin, Ch. Mauguin, C. Gutton, J. Bethenod, N..., N....

VII. Chimie : *Prix Montyon des Arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Paul Marguerite de La Charlonie, Houzeau, fondation Charles-Adam Girard.* — MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, M. Tiffeneau, N....

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse, fondation Edmond Hébert, prix Victor Raulin, Joseph Labbé, André-C. Bonnet, James Hall.* — MM. A. Lacroix, A. Cotton, L. Cayeux, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie, N....

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de La Fons Mélicocq, de Coincy, Jean de Rufz de Lavison.* — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, Ch. Pérez, A. Chevalier, H. Colin.

X. Économie rurale : *Prix Bigot de Morogues, Nicolas Zvorikine, Enzymologia.* — MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, G. Moussu, M. Javillier.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny.* — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage.

XII. Anthropologie : *Prix André-C. Bonnet.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, A. Gosset, Ch. Pérez, L. Fage.

XIII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Chaussier, Mège, Bellion, Larrey, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, G. Roussy, L. Binet.

XIV. Cancer et Tuberculose : *Fondation Roy-Vaucouloux, prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis, fondation Henriette Régnier.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, E. Sergent, G. Roussy.

XV. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly.

XVI. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. A. Lacroix, É. Borel, Ch. Fabry, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, P. Montel.

XVII. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. L. Bouvier,

A. Lacroix, É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Montel.

XVIII. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville*. — MM. G. Bertrand, Ch. Maurain, A. Lacroix, L. de Broglie, et trois membres élus : MM. É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie.

XIX. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré*. — MM. G. Bertrand, Ch. Maurain, A. Lacroix, L. de Broglie.

XX. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, Charles Frémont, Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau*. — MM. G. Bertrand, Ch. Maurain, A. Lacroix, L. de Broglie, R. Bourgeois, L. Bouvier.

XXI. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences physiques). — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, R. Fosse, A. Guilliermond, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXII. *Prix Bordin* (Sciences mathématiques). — MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

XXIII. *Prix Lallemand*. — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, A. Gosset, Ch. Pérez, P. Portier.

XXIV. *Prix Maujean*. — MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Achard, Ch. Pérez, É. Roubaud, L. Fage, L. Binet.

XXV. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. É. Borel, J. Drach, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Pérès, P. Montel.

XXVI. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences naturelles). — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXVII. *Prix Estrade-Delcros* (Sciences mathématiques). — MM. H. Deslandres, É. Borel, A. Cotton, E. Esclangon, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

XXVIII. *Prix Saintour* (Sciences mathématiques). — MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Fabry, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel.

XXIX. *Prix Lonchampt, Jules Wolff*. — MM. A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier, A. Chevalier.

XXX. *Prix Henry Wilde*. — MM. H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie.

XXXI. *Prix Marquet* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Caullery, R. Fosse, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXXII. *Prix Général Muteau* (SCIENCES PHYSIQUES). — MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier.

XXXIII. *Prix Laura Mounier de Saridakis.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, G. Bertrand, Ch. Achard, L. de Broglie, A. Gosset, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier.

XXXIV. *Fondation Aimé Berthé* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Fabry, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

XXXV. *Fondation Le Chatelier.* — MM. A. Lacroix, L. de Broglie, G. Charpy, L. Lumière, G. Claude, L. Guillet, R. Esnault-Pelterie, A. Portevin.

XXXVI. *Fondation Millet-Ronssin.* — MM. A. Lacroix; L. Cayeux, Ch. Jacob; P.-A. Dangeard, A. Guilliermond; Ch. Pérez, É. Roubaud.

XXXVII. *Fondations Villemot, Carrière.* — MM. G. Bertrand, Ch. Maurain, A. Lacroix, L. de Broglie, et douze Membres qui seront élus ultérieurement.

## CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

EUGÈNE PRÉVOT et PAUL COTTINET. *Traité théorique et pratique de Topométrie* (*Planimétrie et Altimétrie*) (présenté par M. G. Perrier).

GÉOMÉTRIE. — *Système aux dérivées partielles dont la surface de translation générale est solution.* Note de M. **BERTRAND GAMBIER**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans l'Ouvrage de Sophus Lie et Georg Scheffers, *Geometrie der Berührungstransformationen*, Leipzig, 1896, p. 384, lignes 19, 20, 21, nous lisons :

« Schliesslich geben wir noch ohne Beweis an, dass *alle* Translationsflächen überhaupt als die Integralflächen einer gewissen partiellen Differentialgleichung *vierter* Ordnung definiert werden können. »

Les auteurs ne donnent aucune autre indication; ce résultat est inexact et doit être remplacé par le suivant : *la surface générale de translation est la solution générale d'un système de deux équations aux dérivées partielles d'ordre* 5,

*obtenu en exprimant que les deux équations ci-dessous, algébriques en* A′, *de degré* 4 *et* 5 *respectivement, ont deux solutions communes en* A′. *Les surfaces, plus spéciales, admettant deux réseaux de translation, sont la solution générale du système de quatre équations, encore d'ordre* 5, *obtenu en exprimant que l'équation de degré* 5 *en* A′ *admet les quatre racines de l'équation de degré* 4. *Enfin les surfaces ayant* $\infty^1$ *réseaux de translation sont la solution générale du système de cinq équations d'ordre* 4 *obtenu en égalant à zéro les coefficients de l'équation de degré* 4 en A′.

Voici maintenant ces équations : on pose

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{l} \alpha=\dfrac{\partial^3 z}{\partial x^3},\qquad \beta=\dfrac{\partial^3 z}{\partial x^2\,\partial y},\qquad \gamma=\dfrac{\partial^3 z}{\partial x\,\partial y^2},\qquad \delta=\dfrac{\partial^3 z}{\partial y^3},\\ \text{puis, } p,\ q,\ r,\ s,\ t \text{ étant les notations usuelles de Monge-Ampère,}\\ \mathrm{P}=\dfrac{\alpha s-\beta r}{rt-s^2},\qquad \mathrm{Q}=\dfrac{\delta s-\gamma t}{rt-s^2},\qquad \mathrm{P}_1=\dfrac{\alpha t+\beta s-2\gamma r}{rt-s^2},\qquad \mathrm{Q}_1=\dfrac{\delta r+\gamma s-2\beta t}{rt-s^2},\\ \mathrm{H}=\dfrac{\mathrm{D}(q,\mathrm{Q})}{\mathrm{D}(x,y)},\qquad \mathrm{N}=\dfrac{\mathrm{D}(p,\mathrm{P})}{\mathrm{D}(y,x)},\qquad \mathrm{L}=\dfrac{\mathrm{D}(p,\mathrm{Q}_1)}{\mathrm{D}(x,y)}+\dfrac{\mathrm{D}(q,\mathrm{P}_1)}{\mathrm{D}(y,x)},\\ \mathrm{K}=\dfrac{\mathrm{D}(q,\mathrm{Q}_1)}{\mathrm{D}(x,y)}+\dfrac{\mathrm{D}(p,\mathrm{Q})}{\mathrm{D}(x,y)},\qquad \mathrm{M}=\dfrac{\mathrm{D}(p,\mathrm{P}_1)}{\mathrm{D}(y,x)}+\dfrac{\mathrm{D}(q,\mathrm{P})}{\mathrm{D}(y,x)}. \end{array}\right.$$

Les deux équations en A′ sont

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{l} \mathrm{E}\equiv \mathrm{HA}'^4+\mathrm{KA}'^3+\mathrm{LA}'^2+\mathrm{MA}'+\mathrm{N}=0,\\ \dfrac{\mathrm{D}(p+q\mathrm{A}',\mathrm{E})}{\mathrm{D}(x,y)}=0. \end{array}\right.$$

Le jacobien fournissant la seconde équation (2) est formé en regardant (provisoirement) A′ comme un paramètre constant. A′ et B′ étant les racines communes, les tangentes aux courbes de translation issues du point $x$, $y$, $z$ ont pour paramètres directeurs $(1, \mathrm{A}', p+q\mathrm{A}')$, $(1, \mathrm{B}', p+q\mathrm{B}')$. La surface est définie paramétriquement par des formules $x=a+b$, $y=\mathrm{A}+\mathrm{B}$, $z=\mathrm{A}_1+\mathrm{B}_1$, où $a$, $b$ sont deux paramètres, $\mathrm{A}'=d\mathrm{A}/da$, $\mathrm{B}'=d\mathrm{B}/db$; A, $\mathrm{A}_1$ sont fonctions de $a$, B et $\mathrm{B}_1$ de $b$. Quand on a calculé, pour une surface *donnée* de translation, A′ au moyen des équations (2), l'équation A′ = const. fournit, en faisant varier cette constante, successivement toutes les courbes d'une famille de translation.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le flambage des pièces dont l'inertie s'annule à l'une* (au moins) *de leurs extrémités.* Note de M. **Jean Mandel**, présentée par M. Albert Caquot.

Soit une tige droite, articulée à ses deux extrémités. Son axe sera pris comme axe des $x$, son milieu comme origine; sa longueur est $2l$. I désigne le moment d'inertie d'une section droite par rapport à un axe de flexion central. I est fonction de l'abscisse $x$ et s'annule à l'une au moins des extrémités. L'étude du flambage de cette tige conduit aux notions suivantes :

A. *Charge critique du tronçon extrême.* — Considérons un tronçon de longueur $d$ à partir de l'extrémité où I s'annule et faisons tendre $d$ vers zéro. La charge critique du tronçon et plus généralement les différentes charges fondamentales (correspondant au flambage par 1, 2, ..., $n$, ... demi-ondes) tendent vers

$$\frac{1}{4}\mathrm{E}i \qquad (\mathrm{E}, \text{ module de Young}),$$

$i$ étant la limite de $\mathrm{I}/j_2$ quand $d$ tend vers zéro. Cette limite peut être infinie, finie non nulle ou nulle suivant la rapidité de croissance de I avec $d$.

B. *Flambage déterminé par le tronçon extrême.* — Les différentes charges fondamentales de la tige ne peuvent pas dépasser la plus petite des charges critiques des deux tronçons extrêmes. Mais elles peuvent lui être égales (lorsque cette dernière est finie). Si, dans ce cas, sans toucher au tronçon extrême, *on fait varier dans certaines limites la longueur ou les inerties du reste de la tige, les charges fondamentales ne varient pas;* on peut donc dire que le flambage est déterminé par le tronçon extrême. Ces charges fondamentales peuvent être nulles ($i = 0$) : c'est le cas d'une tige terminée par une pointe.

Pour reconnaître si la première charge fondamentale de la tige est égale ou inférieure à $(1/4)\mathrm{E}i$, on peut comparer les inerties $\mathrm{I}(x)$ de la tige à celles $\mathrm{J}(x)$ d'un ellipsoïde de révolution plein possédant même tronçon extrême et même longueur

$$\mathrm{J}(x) = \frac{il^2}{4}\left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right)^2 :$$

1° Si pour toute section droite on a $\mathrm{I}(x) \geqq \mathrm{J}(x)$, la première charge fondamentale, et par suite toutes les autres sont égales à $(1/4)\mathrm{E}i$.

2° Si pour toute section droite on a $\mathrm{I}(x) < \mathrm{J}(x)$, la première charge fondamentale est inférieure à $(1/4)\mathrm{E}i$. Toutefois nous n'avons établi ce résultat que sous la condition que les courbes $y = \mathrm{I}(x)$ et $y = \mathrm{J}(x)$, osculatrices à l'une des extrémités en vertu du choix de $\mathrm{J}(x)$, n'aient pas en ce point un contact d'ordre plus élevé.

Ces propriétés se généralisent, sous certaines réserves, à d'autres types de liaisons et d'autres formes de pièces.

HYDRAULIQUE. — *Récupération partielle de l'énergie cinétique à l'extrémité aval d'une conduite.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Lorsque l'eau s'écoule à l'intérieur d'une conduite, l'énergie cinétique correspondant au terme $\mathrm{V}_1^2/2g$ ($\mathrm{V}_1$ vitesse moyenne), dont est crédité le courant, à la traversée d'une section quelconque, n'est guère récupérée, au

[1] Séance du 1er février 1943.

débouché aval, lorsque celui-ci débite à gueule bée. La solution optima, pour éviter cette déperdition, consiste à munir l'extrémité du tuyau d'un diffuseur à allure générale tronconique : on peut également, comme nous allons le montrer, obtenir une récupération partielle en terminant la conduite, de section $S_1$, par un tuyau de section $S_2 = KS_1$, avec $K > 1$, d'une longueur suffisante pour que l'extrémité débite à pleine section.

En effet, $V_2 = V_1/K$ désignant la vitesse dans $S_2$, la perte totale à la sortie n'est plus $V_1^2/2g$, mais devient

$$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad \text{et} \quad \frac{V_1^2}{2g}\left[\left(1 - \frac{1}{K}\right)^2 + \frac{1}{K^2}\right].$$

La récupération d'énergie $(2/K)[1 - 1/K]V_1^2/2g$ est donc maxima et égale à $(1/2)(V_1^2/2g)$, pour $K = 2$.

Pour vérifier expérimentalement ce résultat avec un dispositif aussi sensible que possible, nous avons étudié l'ajutage de la figure, qui débite sous une charge amont sur l'axe $h$; la tuyère $T_1$ peut être séparée du tube $T_2$. Si l'on applique l'équation de Bernoulli, on obtient, en négligeant les pertes de charge dans la tuyère $T_1$, en supposant le coefficient de contraction $m$ égal à 1 et en appelant $h_B$ la pression en B, exprimée en hauteur d'eau,

$$(1) \qquad Q_1 = \frac{S_1\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 - \frac{2}{K} + \frac{2}{K^2}}},$$

$$(2) \qquad h_B = -\frac{2h}{K} \cdot \frac{1 - \frac{1}{K}}{1 - \frac{2}{K} + \frac{2}{K^2}}.$$

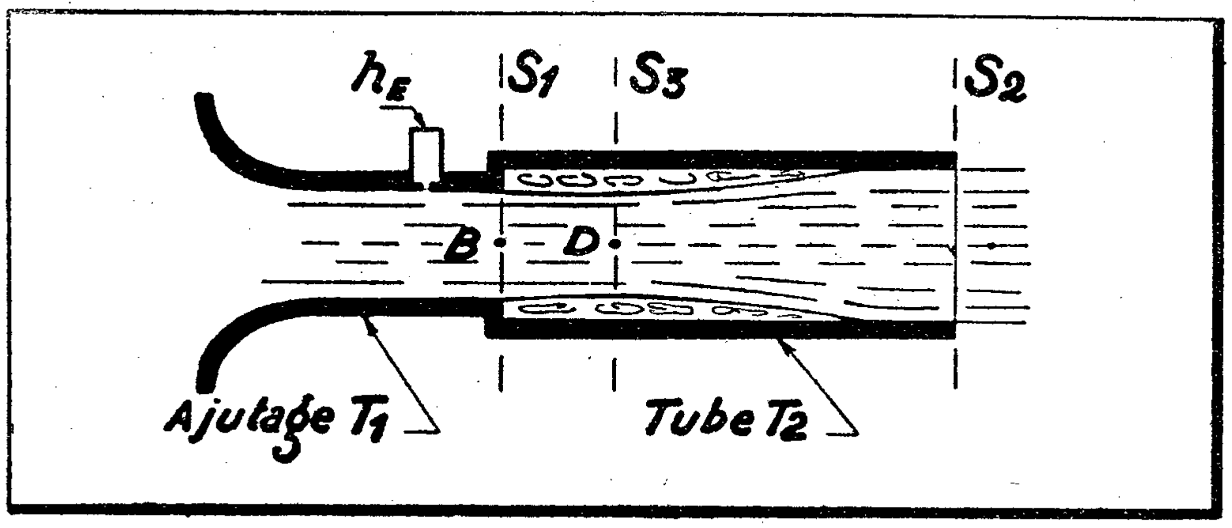
Dans le cas général, en supposant $m \neq 1$, en tenant compte de l'inégale répartition des vitesses dans la section de sortie $S_2$ par le coefficient habituel $\eta$, en admettant une perte $\lambda(V_1^2/2gm^2)$ dans la tuyère, et complétant la formule de Borda par le terme empirique usuel $2\mu(V_2^2/2g)$, avec $\mu = 1/18$, on obtient les expressions suivantes de $Q_1$, $h_B$ et $h_D$, pression en hauteur d'eau dans la section contractée $S_3$,

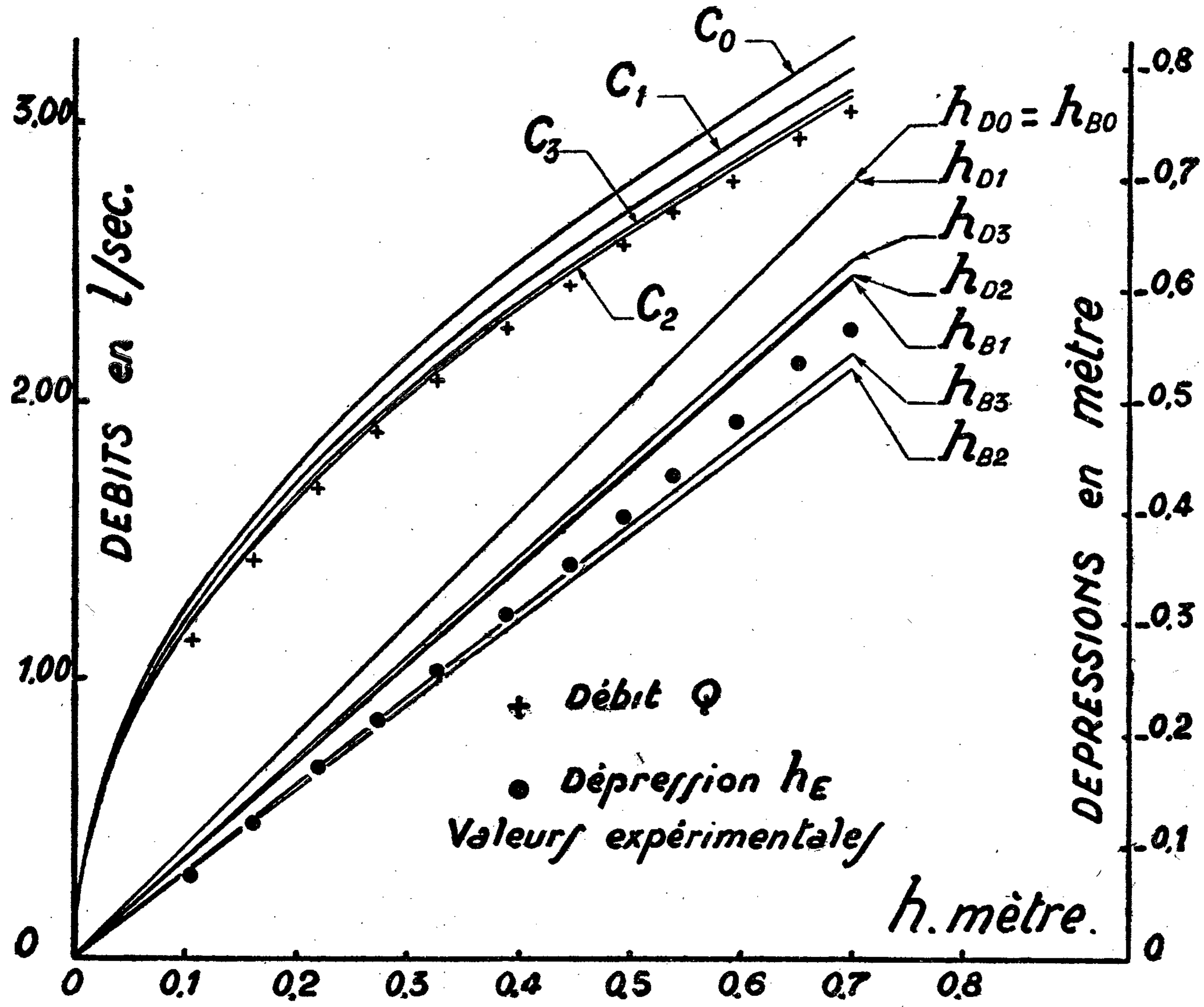
$$(3) \qquad Q_1 = \frac{mS_1\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 + \lambda - \frac{2m}{K} + \frac{2m^2}{K^2}(1 + \mu + \eta)}},$$

$$(4) \qquad h_B = -h \cdot \frac{m^2 - 1 + \frac{2m}{K}\left[1 - \frac{m}{K}(1 + \mu + \eta)\right]}{1 + \lambda - \frac{2m}{K} + \frac{2m^2}{K^2}(1 + \mu + \eta)},$$

$$(5) \qquad h_D = -h \cdot \frac{2m}{K} \cdot \frac{1 - \frac{m}{K}(1 + \mu + \eta)}{1 + \lambda - \frac{2m}{K} + \frac{2m^2}{K^2}(1 + \mu + \eta)}.$$

L'étude expérimentale de la tuyère $T_1$ fonctionnant seule, nous a montré, par des explorations avec un tube de Pitot constitué par une aiguille hypodermique, que l'on a $\lambda = 0$ : de plus $m = 0,9675$. L'exploration des vitesses dans la section $S_2$ donne enfin $\eta = 0,0128$, pour l'ajutage complet. Sur le graphique on a porté, en fonction de $h$, les valeurs expérimentales du débit $Q_1$




et de la dépression $h_E$, ainsi que les courbes théoriques correspondantes. L'indice zéro correspond aux formules (1) et (2) $[m = 1,\ \lambda = \eta = \mu = 0]$, l'indice 2 aux formules (3), (4) et (5) $(m = 0,9675,\ \lambda = 0,\ \eta = 0,0128,\ \mu = 1/18)$,

l'indice 1 au cas où $m = 0{,}9675$, $\lambda = \eta = \mu = 0$, l'indice 3 à celui où $m = 0{,}9675$, $\lambda = \eta = 0$, $\mu = 1/18$.

On voit qu'il existe une bonne concordance entre l'expérience et la théorie. Cette concordance est fournie par la comparaison des points expérimentaux avec les courbes d'indice 1 pour la théorie de première approximation, d'indice 3 pour cette théorie modifiée par addition du terme complémentaire de la formule de Borda, et d'indice 2 pour le cas où l'on tient compte également de la valeur de $\eta$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence du rayonnement ultraviolet proche sur quelques dépôts électrolytiques.* Note de MM. **Clément Duval** et **Jacques Liger**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le dispositif d'irradiation est un arc au mercure du type Heraeus fonctionnant sous 25-35 V avec un courant d'environ 1 A. La lumière émise traverse une lentille de quartz, tombe sur un miroir platiné et éclaire de haut en bas la cathode seule d'une cuve d'électrolyse. Cette cathode est une lame de laiton de $12^{cm^2}$ de surface, polie puis dégraissée par les procédés habituels, disposée parallèlement à la surface du bain et à $1^{cm}$ de cette surface, la face inférieure étant vernie. On utilise des anodes solubles. Les essais ont été effectués avec des électrolytes classiques à base de cuivre, d'argent, de zinc, de cadmium, de fer, de cobalt et de nickel. La durée des électrolyses est d'une heure et, pour chaque solution étudiée, on fait un dépôt dans l'obscurité et un ou plusieurs autres en prenant soit le rayonnement global de la lampe, soit le rayonnement filtré à l'aide d'écrans.

*Cas du cuivre.* — *a.* Électrolyte riche en acide libre, $SO^4Cu$, $5H^2O$ 150 g/l et $SO^4H^2$ à 66°B 10 ou 20 g/l. On ne remarque aucune influence de l'ultraviolet. *b.* Bain faiblement acide, $SO^4Cu$, $5H^2O$ 150 g/l et $SO^4H^2$ à 66°B 1 g/l. Les dépôts obtenus à l'obscurité présentent la teinte rouge brun due à l'oxyde cuivreux alors que ceux obtenus avec irradiation offrent la couleur normale saumon clair du cuivre électrolytique. La densité de courant a varié de 0,5 à 1 A/dm² dans ces essais.

*Cas de l'argent.* — Quelles que soient la densité de courant, la nature de l'électrolyte (nitrate d'argent + cyanure alcalin ou nitrate d'argent + thiosulfate de sodium), la concentration, le rayonnement ultraviolet ne produit aucune différence dans la structure du dépôt.

*Cas du zinc.* — L'électrolyte est formé de $SO^4Zn$, $7H^2O$ 200 g/l, $SO^4Na^2$, $10H^2O$ 100 g/l. A pH 5, on n'observe aucune différence dans la structure des dépôts. A pH 5,6 et 6,2, on peut remarquer une faible influence : le rayonnement paraît contrarier la formation des dépôts spongieux de zinc. La densité de courant utilisée est 1 A/dm².

*Cas du cadmium.* — Électrolytes employés, $3SO^4Cd$, $8H^2O$ 250 g/l

et $BO^3H^3$ 10 g/l ou $SO^4H^2$ à 66°B 10 g/l. La densité de courant varie de 1 à 3 A/dm². Les dépôts produits par ces électrolytes sont arborescents et l'irradiation n'apporte aucune modification à leur structure.

*Cas du fer.* — Le bain est constitué par $SO^4Fe$, $7H^2O$ 130 g/l, $ClNH^4$ 100 g/l, citrate de sodium 3 g/l, pH 5,8; densité de courant 0,2 A/dm². L'irradiation conduit à des dépôts semi-brillants, parsemés de piqûres, alors que, dans l'obscurité, ils sont gris mat et de structure défectueuse.

*Cas du cobalt.* — L'électrolyte est constitué par $SO^4Co$, $7H^2O$ 250 g/l, ClK 25 g/l, $BO^3H^3$ 25 g/l; densité de courant 1 A/dm². *a.* Avec pH 5,4, la seule différence constatée est l'existence de piqûres nombreuses sur l'électrode irradiée. *b.* Avec pH 6,4, il y a une modification de structure : à l'obscurité, les dépôts obtenus sont mats; l'influence du rayonnement se manifeste par une cristallisation plus fine du dépôt qui présente alors un aspect semi-brillant. *c.* Avec pH 7 les dépôts de mauvaise qualité ne subissent aucune modification du fait de l'irradiation.

*Cas du nickel.* — *a.* Électrolyte $SO^4Ni.7H^2O$ 150 g/l, $SO^4(NH^4)^2$ 20 g/l, $BO^3H^3$ 5 g/l. Les essais effectués à des pH compris entre 5,4 et 6,5 montrent que les rayons ultraviolets conduisent à l'obtention de dépôts mats, gris, présentant l'aspect caractéristique du métal souillé d'hydroxyde. A l'obscurité, par contre, le dépôt est finement cristallisé. *b.* Électrolyte $SO^4Ni$, $7H^2O$ 150 g/l, $SO^4(NH^4)^2$ 20 g/l. Avec pH 5,4, les dépôts obtenus à l'obscurité sont mats et gris, souillés d'hydroxydes, mais l'irradiation conduit à des dépôts noirs, pulvérulents. Avec pH 6,5 ou 7,1, l'aspect est uniformément gris foncé et le rayonnement n'apporte aucune modification de structure. *c.* $SO^4Ni$, $7H^2O$ 75 g/l, $SO^4Na^2$, $10H^2O$ 50 g/l, pH étudiés 5,4, 6,5, 7,0. Tous les dépôts, avec ou sans irradiation, sont souillés d'hydroxydes et ne présentent aucune différence importante de structure.

*Conclusions.* — 1° Seules certaines solutions de cuivre et de nickel présentent des modifications bien nettes par irradiation; 2° on pourrait croire que celle-ci agit sur la cathode pour donner naissance à des particules colloïdales comme dans une expérience classique de Svedberg. Nos essais montrent que les modifications produites ne s'observent que dans quelques cas seulement, et un dépôt effectué à l'obscurité, dans un bain qui vient d'être irradié, reste identique à celui qui est fait dans un bain neuf; 3° certaines conditions de composition et, par suite, de pH doivent être réalisées pour que s'observent les différences. Il semble que cette action s'exerce, non pas sur le métal déposé, mais bien sur la pellicule cathode-solution dont les réactions sont modifiées par photolyse. Le sens de la modification dans le cas du nickel semble être une élévation du pH de la pellicule cathode-solution, en raison des aspects présentés par la structure. L'effet inverse se manifesterait dans le cas du cuivre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Stéréochimie des acides camphane carboniques.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Charles Rivière**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré ([1]) que le magnésien du chlorhydrate de pinène d'Alep est un mélange des formes bornylique et isobornylique et que $CO^2$ agit de façon sélective, d'abord sur le dérivé bornylique, qui donne un acide camphane carbonique droit, puis sur l'isobornylique, qui donne un acide gauche. Nous avons poursuivi l'étude de ces acides et de leurs dérivés.

*Acide gauche.* — Pour le préparer on fait agir en quantité limitée (35 %) le bromure d'allyle qui, comme $CO^2$, se condense d'abord sur le magnésien bornylique; puis on carbonate le résidu.

L'acide brut [α] —32° est purifié par cristallisation dans le toluène. L'acide pur fond à 76°,5-77°, [α] —45°; *c* 0,10 dans le toluène ([2]). Chauffé à 160° pendant 2 heures il s'isomérise en acide droit.

Son sel de sodium a un pouvoir rotatoire variable en fonction du solvant, —42°,6 dans l'alcool, *c* 0,09; —17°,4 dans l'eau, *c* 0,14.

L'éther éthylique distille à 120-122° sous $18^{mm}$ [α] —42°,6.

Pour le chlorure d'acide, une isomérisation se produit toujours lors de la préparation, quel que soit le procédé employé : c'est le chlorure de thionyle à froid, en solution diluée dans la pyridine, qui provoque la plus faible isomérisation : dans ce cas, l'hydrolyse donne un acide [α] —35° environ. L'amide qui en dérive, cristallisée dans l'éther de pétrole, fond à 96-97°; [α] —48°, *c* 0,12 dans l'alcool.

*Acide droit.* — On peut le préparer par différents procédés : carbonatation partielle (35 %) du magnésien; isomérisation par chauffage pendant 2 ou 3 heures avant ou après la carbonatation totale (à 130° dans le premier cas, à 160° dans le second); isomérisation par chauffage à 130° du chlorure fait sur le mélange d'acides et retour du chlorure à l'acide. C'est là le procédé le plus pratique.

*Dans tous les cas on obtient un même acide droit,* [α] + 12°. Voici les constantes de quelques-uns de ses dérivés :

| | | |
|---|---|---|
| Chlorure................ | $E_{14}$ 116° | α +18°,15 (sous $10^{cm}$) |
| Anhydride............. | F 210-212° | [α] +23° (*c* 0,06 dans le toluène) |
| Éther éthylique......... | $E_{18}$ 120° | α +18°,15 (sous $10^{cm}$) |
| Amide.................. | F 95- 98° | [α] + 5°,70 (*c* 0,08 dans l'alcool) |
| Anilide................ | F 169-171° | [α] +23° (*c* 0,07 dans l'alcool) |

Bien que toutes les préparations indiquées ci-dessus donnent le même acide

---

([1]) *Comptes rendus,* **213**, 1941, p. 1016.

([2]) Tous les pouvoirs rotatoires donnés ici sont pris pour λ 578.

(même pouvoir rotatoire pour lui et ses dérivés), *cet acide, qui fond mal entre 73 et 79°, est en réalité un mélange de deux isomères.*

Par cristallisation fractionnée, il se dépose d'abord : dans l'acide formique, des aiguilles F 75-76°; dans le toluène, des prismes F 81°.

Ce sont bien là *deux individus chimiques différents :* les aiguilles ont un pouvoir rotatoire de +7°,4, les prismes de +16°,3 (*c* 0,10 dans le toluène). Ces pouvoirs rotatoires se conservent par dissolution dans la soude et retour à l'acide.

Chauffés, ces deux isomères se transforment l'un dans l'autre pour donner un mélange sensiblement à 50 % qui est l'acide +12°.

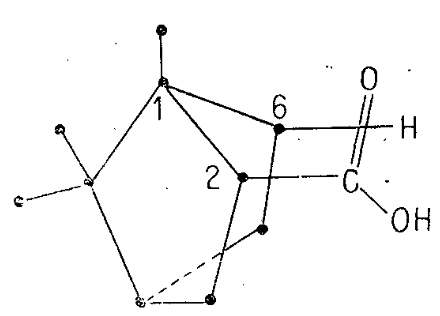
Voici les variations de pouvoir rotatoire de solutions, *c* 0,10 dans le toluène, chauffées d'abord à 50° puis à 100° :

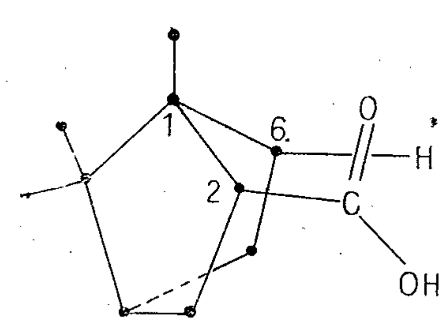
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Température...... | | 50. | 100. | » | » |
| | Temps (heures)... | 0. | 24. | 18. | 90. | 160. |
| [α] | Prismes......... | 16°,2 | 15°,9 | 14°,5 | 12°,2 | 12° |
| | Aiguilles........ | 7,4 | 7,7 | 8,9 | 11,8 | 12 |

Nous n'avons pu encore obtenir, en dehors des sels, de dérivés dans lesquels ces deux acides conservent leur individualité.

*Structure des trois acides.* — A l'acide gauche nous attribuons la structure isobornylique, $CO^2H$ en *cis* par rapport au pont : le magnésien dont il dérive se carbonate le moins vite, c'est le moins stable ainsi que l'acide gauche lui-même.

Il en est de même de l'isobornéol comparé au bornéol.




*L'existence des deux isomères droits pose un problème délicat de stéréochimie ; a priori* il n'en devrait exister qu'un seul, ayant la structure du bornéol. On peut chercher à interpréter cette isomérie supplémentaire par un empêchement stérique à la libre rotation de $CO^2H$ autour de la valence qui le relie au cycle; H, porté par le carbone 6 et situé en *cis* par rapport à $CO^2H$, est maintenu en position fixe; il forme buttoir pour O de OH et pour O de CO, limitant la rotation à moins de 180°, O de CO (ou de OH) étant en avant de H ne peut passer en arrière. Cette isomérie a la même cause que celle des dérivés du diphényle qui, sans carbone asymétrique, possèdent le pouvoir rotatoire.

On peut d'ailleurs imaginer une chélation entre cet hydrogène et l'un des oxygènes de $CO^2H$, la chélation se faisant en avant ou en arrière de H.

BIOMÉTRIQUE. — *Sur la notion de gradient et de ses applications en biologie végétale.* Note de M. **Henri Prat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Un gradient exprime la loi de variation d'un facteur en fonction de la position. Cette notion, d'un emploi très général dans les sciences physiques, offre de nombreuses possibilités d'application en biologie. Nous examinerons ici le cas des végétaux.

1. *Expression de gradients par rapport à un axe de coordonnées.* — Dégageons d'abord les gradients en fonction d'une seule dimension, parallèlement à l'axe d'un organe (gradients axiaux).

1° Les uns portent sur des données *physicochimiques* fondamentales, pH, rH, pression osmotique, succion, teneur en diastases (oxydases, peptidases etc.), en hormones (auxines etc.). 2° D'autres, liés aux précédents, concernent l'intensité des *fonctions* des cellules : gradients d'intensité respiratoire, de thermogenèse, de résistance à la chaleur [1] et aux toxiques, d'activité de croissance des bourgeons, racines, boutons floraux, gradient d'intensité de leurs tropismes etc. 3° D'autres enfin sont inscrits de façon définitive dans la *structure* de la plante : de la base au sommet de l'axe, on constate une variation dans la dimension des parties (gradation biométrique), dans leur constitution (gradation anatomique et morphologique), dans la nature et le mode de répartition de leurs tissus [gradation histologique, en particulier épidermique [2]]. Nous appliquons à ces gradients statiques le nom de *gradations* pour les distinguer nettement des gradients physicochimiques (1°) et physiologiques (2°) qui leur donnent naissance et qui répondent le plus strictement à la notion physique de gradient.

2. *Gradients multinodaux.* — Nous avons envisagé jusqu'ici des variations en une seule série de la base au sommet de l'axe. Certaines propriétés varient de façon plus compliquée, selon des courbes discontinues se répétant en plusieurs étages. Nous dirons qu'il s'agit là de « gradients multinodaux », par opposition avec les précédents, uninodaux; par exemple, le long d'un chaume (Prat, 1935), beaucoup de propriétés : résistance mécanique, nature et dimensions des cellules, répartition des croissances se répètent régulièrement d'un entrenœud à l'autre. Chaque étage se comporte comme un individu défini, présentant une allométrie négative dans sa partie supérieure. Rapprochons ce fait d'exemples animaux, tels les Vers bourgeonnants en chaînes (Myrianide).

Cette périodicité n'est pas limitée aux éléments compris entre deux insertions foliaires; par exemple, chez les Pins multinodaux (Prat, 1936), la succession constituant un étage (écailles, pousses courtes, cônes et bourgeons) se répète

(1) R. David, *C. R. Soc. biol.*, 131, 1939, p. 421; *Bull. Soc. linn. Prov.*, 13, 1942, p. 9; 14, 1942, p. 4.

(2) H. Prat, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10e série, 18, 1935, pp. 92, 105; 14, 1932, p. 165.

plusieurs fois sur la pousse annuelle des axes principaux; ici l'unité soumise à la répétition est un ensemble complexe de nombreux appendices (cycle morphogénétique).

Donc, le long d'un axe, les diverses propriétés définissant l'état physiologique et la destinée des tissus varient les unes selon une loi uninodale, les autres selon une loi multinodale. Nous avons observé que les gradients multinodaux s'établissent très précocement au sein du jeune bourgeon, les massifs cellulaires en division présentant entre eux des interactions comparables aux corrélations endocriniennes gouvernant l'organogenèse animale. Les assises stratifiées, déjà reconnaissables et constituées pendant cette première phase, se déploieront au cours de la croissance ultérieure; celle-ci sera alors influencée par l'apparition de nouveaux gradients uninodaux, dus pour la plupart à l'activité accrue de l'apex et surtout des ébauches sexuelles. Il y a donc échelonnement dans le temps de l'intervention des gradients des diverses catégories. Les facteurs externes saisonniers agissent sur leur rythme et sur leur intensité mais non sur leur nature, comme le prouve le cas des Pins multinodaux ([3]).

3. *Expression de gradients par rapport à deux axes rectangulaires.* — Un organe rubané, tel une feuille de Graminée, présente dans un plan des gradients complexes, se manifestant notamment dans la topographie épidermique et que l'on peut projeter sur deux axes rectangulaires. Selon le sens longitudinal ils sont uninodaux (ou au plus binodaux, par discontinuité entre limbe et gaine). Selon le sens transversal ils sont multinodaux et, en outre, à directions inversées, étant orientés vers les nervures. Chacune de celles-ci se comporte en effet vis-à-vis des tissus comme le fait le sommet de l'axe, influence conforme à leur rôle commun de distributeurs d'hormones. Le moment où ce mécanisme décide de la destinée des tissus superficiels est postérieur à la formation des faisceaux procambiaux des nervures et antérieur à celle des anastomoses.

4. *Expression de gradients en fonction des trois dimensions.* — Un organe massif présente une superposition de gradients, les uns axiaux, les autres rayonnants, exprimables en coordonnées polaires. Les capitules, les cônes, les tubercules à assises génératrices multiples sont de bons exemples de cas où ces gradients sont multinodaux. Dans un embryon il existe, outre le gradient axial de résistance à la chaleur, un gradient centrifuge, la périphérie étant plus résistante que la stèle (David 1942). Si l'embryon est courbe, la ligne de résistance minimum est déportée sur sa face concave.

Ainsi un ensemble de gradients interdépendants, les uns uninodaux, les autres multinodaux, commandent la morphogenèse et la physiologie du végétal. La possibilité de les modifier expérimentalement, démontrée par l'effet des facteurs physiques et chimiques et par des faits génétiques, ouvre des perspectives étendues pour façonner la matière vivante.

---

([3]) H. Prat, *Livre Jubilaire du Professeur Daniel,* Rennes, 1936, p. 14.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *L'action hémolytique des savons alcalins et leur adsorption par le charbon.* Note de M. **Raymond Cavier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons déjà tenté (1) de faire un rapprochement entre l'action hémolytique des sels alcalins de différents acides gras naturels ou synthétiques et l'effet qu'exercent ces mêmes corps sur la tension superficielle et sur la tension interfaciale huile/eau; toutefois, l'absence de parallélisme entre les deux phénomènes nous a conduit à penser que l'effet hémolytique des différents savons ne saurait être attribué à leur tensioactivité. C'est pourquoi nous avons été amené à envisager une autre explication de cet effet hémolytique, en considérant l'intensité avec laquelle ces savons sont adsorbés par les constituants de la couche superficielle des hématies.

Devant l'impossibilité où nous nous trouvions d'étudier le pouvoir adsorbant des hématies elles-mêmes et la difficulté d'obtenir des adsorbants ayant quelque rapport avec les constituants chimiques de ces hématies, nous avons eu recours au charbon animal et nous avons déterminé sur ce substrat les isothermes d'adsorption des divers savons ayant fait l'objet de nos études antérieures (2). Pour cela nous avons employé du charbon animal lavé *Prolabo*, que nous avons purifié, selon les indications de la *Pharmacopée Française* de 1937; la teneur en cendres de notre échantillon desséché est ainsi passée de 80,8 à 18,6 %.

Nos essais ont consisté à agiter $0^g,25$ de charbon avec $50^{cm^3}$ de la solution de savon à étudier, les solutions étant faites dans un mélange tampon de Clark et Lubs, dilué au 1/5 avec une solution de chlorure de sodium à $8^0/_{00}$ : de cette manière, nous nous sommes placé dans les mêmes conditions que pour nos expériences d'hémolyse (2). Toutes les déterminations ont été faites à la température de $+20^\circ$ C. et à pH 9,0.

Dans une première série d'essais, nous avons déterminé le temps nécessaire à l'établissement de l'équilibre entre la phase solide et la phase liquide du savon initialement dissous. Cet équilibre est pratiquement atteint après 20 minutes. Nous avons ensuite établi les isothermes d'adsorption, en utilisant pour chaque substance 6 à 8 solutions de concentrations différentes. Après une heure d'agitation, le charbon est éliminé par filtration de la solution sur un filtre sans cendres (cette manipulation n'entraînant pas d'erreur appréciable), et le savon resté dissous est dosé dans le filtrat, par titration acidimétrique au moyen de soude M/20 et en présence de phénolphtaléine, de l'acide gras libéré et extrait par l'éther.

Les résultats, exprimés suivant la notation classique, d'après la quantité d'acide gras correspondant au savon fixé par $1^g$ de charbon ($x/m$), en

(1) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1146; **213**, 1941, p. 70.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **18**, 1937, p. 1663; **23**, 1941, p. 311.

fonction de la concentration finale de la solution (C), sont mentionnés dans le tableau ci-dessous. Les courbes représentatives, exprimant la relation entre ces deux grandeurs, suivant la formule de Freundlich

$$\frac{x}{m} = \mathrm{K}\,\mathrm{C}^{\frac{1}{n}},$$

ont la forme habituelle des isothermes d'adsorption, et l'expression logarithmique de ces relations est représentée dans chaque cas par une droite. La valeur $1/n$ est alors donnée par la tangente de l'angle que fait cette droite avec l'axe des abscisses.

| Savon. | $1/N$. | Concentration minimum hémolytique (en dix-millionièmes de molécule). Trouvé. | Calculé. |
|---|---|---|---|
| Dibromoricinoléate de Na...... | 0,128 | 1,57 | 1,30 |
| Dibromostéarate » ...... | 0,138 | 1,62 | 1,63 |
| Linolénate » ...... | 0,150 | 2,0 | 2,09 |
| Linoléate » ...... | 0,164 | 2,65 | 2,73 |
| Oléate » ...... | 0,160 | 3,29 | 2,56 |
| Hydnocarpate » ...... | 0,185 | 3,64 | 3,95 |
| Bromolaurate » ...... | 0,256 | 9,95 | 10,5 |
| Ricinoléate » ...... | 0,270 | 12,5 | 12,4 |
| Laurate » ...... | 0,307 | 18,0 | 18,4 |
| Oxystéarolate » ...... | 0,371 | 31,4 | 32,5 |

Nous constatons qu'il y a un parallélisme frappant entre l'activité hémolytique des sels alcalins des acides gras étudiés et l'intensité de l'adsorption, exprimée par l'exposant $1/n$ de la formule de Freundlich; plus ce dernier est petit, et par suite plus l'adsorption est intense, plus la concentration minimum hémolytique est faible.

En présence de ces résultats, nous avons cherché à établir la relation qui existe entre les deux phénomènes : Si l'on porte en ordonnées les logarithmes des valeurs de l'exposant $1/n$, correspondant à chaque savon, et en abscisses, les logarithmes des concentrations minima hémolytiques (H) pour la même substance, on obtient une série de points, qui se rangent sur une droite, dont on peut calculer la pente et l'ordonnée à l'origine. La validité de la formule ainsi établie,

$$\mathrm{Log}\frac{1}{n} = 0,33\log \mathrm{H} - 0,930$$

peut être vérifiée en déduisant H en fonction de $1/n$ par le calcul; on trouvera dans le tableau ci-dessus, pour les divers savons étudiés, la valeur H de la concentration minimum hémolytique, l'exposant $1/n$ et la valeur de H calculée d'après la relation précédente en fonction de $1/n$.

De ces résultats il semble découler que les phénomènes d'adsorption jouent un rôle important dans l'effet hémolytique des savons alcalins.

A 15h 45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 15m.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 22 FÉVRIER 1943.

PRÉSIDENCE DE M. G. BERTRAND.


## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques géométriques sur le problème des moments dans l'espace hilbertien.* Note de M. **Gaston Julia**.

1. Le problème des moments dans l'espace hilbertien $\mathcal{H}$ consiste dans la détermination d'un vecteur X, solution du système d'équations

$$(X_k, X) = \overline{\xi_k} \qquad (k = 1, 2, \ldots, \infty), \tag{1}$$

les $X_k$ et les $\xi_k$ étant respectivement des vecteurs et des scalaires complexes donnés. Sans restreindre la généralité, on peut supposer indépendants les $X_k$. D'une part F. Riesz a donné une condition nécessaire et suffisante bien connue pour des $\xi_k$ quelconques; d'autre part E. Schmidt, étudiant le cas où les $\xi_k$ sont coordonnées d'un vecteur $\xi$ de $\mathcal{H}$ $\left(\sum|\xi_k|^2 \text{ convergente}\right)$, a donné une condition nécessaire et suffisante d'un autre type pour que le problème soit possible quel que soit $\xi$. On va établir ici la condition de F. Riesz par une méthode géométrique très intuitive, montrer qu'elle équivaut à celle d'E. Schmidt et ajouter quelques compléments relatifs à l'emploi du système dual des $X_k$ dans la question étudiée.

2. Soit V la variété fermée $[X_1, \ldots, X_n, \ldots]$. Si $V = \mathcal{H}$, le problème n'admet qu'une solution au plus. Si $V < \mathcal{H}$ et si le problème a une solution, il en a une infinité obtenue en ajoutant un vecteur arbitraire de la variété complémentaire $\mathcal{H} - V$; parmi elles une et une seule appartient à V, c'est celle de plus petit module, et elle est la projection sur V de toutes les autres. Bornons-nous à la détermination de cette solution *située dans* V, ce qui reviendra à prendre V pour l'espace hilbertien $\mathcal{H}$ sur lequel nous raisonnons.

Le problème *réduit*, détermination de $X^n$, solution de

$$(X_k, X^n) = \overline{\xi_k} \quad \text{pour } k = 1, \ldots, n, \quad \text{avec } X^n \in V_n = [X_1, \ldots, X_n], \tag{2}$$

la une solution pour tous $n$ et $\xi_k$, les $X_k$ étant indépendants. Si la solution X

de (1) existe, elle se projette orthogonalement en $X^n$ sur $V_n$; $X^n$ converge fortement vers X, pour $n=\infty$. On doit donc déterminer $X^n$ pour chaque $n$; $X^{n+1}-X^n$ est orthogonal à $V_n$; la série $X^1+\sum_1^\infty(X^{n+1}-X^n)$, à termes orthogonaux 2 à 2, convergera fortement vers X si $\sum\|X^{n+1}-X^n\|^2$ converge. Or $\|X^{n+1}-X^n\|^2=\|X^{n+1}\|^2-\|X^n\|^2$ et $\|X^n\|^2$ croît avec $n$; la condition nécessaire et suffisante pour l'existence de X est donc $\overline{\lim}_{n=\infty}\|X^n\|<+\infty$.

On détermine $X^n$ par $X^n=P_{V_n}X$. Il faut déterminer les $\lambda_k$ du vecteur $Y^n=\sum^n\lambda_k X_k$ de $V_n$ de façon que la longueur de la projection orthogonale de X sur $Y^n$ soit *maxima* (alors $Y^n$ se confond avec $X^n$ en direction). La longueur de cette projection est

$$|(Y^n, X)|.\|Y^n\|^{-1}=\left|\sum^n\bar{\lambda}_k(X_k, X)\right|.\|Y^n\|^{-1}=\left|\sum^n\bar{\lambda}_k\xi_k\right|.\left\|\sum^n\lambda_k X_k\right\|^{-1}.$$

1° Il faudra donc déterminer le *maximum de* $\left|\sum^n\lambda_k\xi_k\right|.\left\|\sum^n\lambda_k X_k\right\|^{-1}$ *lorsque les* $\lambda_k$ *varient arbitrairement*. En substituant $X^n$ à X dans le raisonnement précédent, on voit que le point extrémant trouvé n'est autre que $X^n=\left(\sum^n\bar{\lambda}_k\bar{\xi}_k\right).\left(\sum^n\lambda_k X_k\right).\left\|\sum^n\lambda_k X_k\right\|^{-2}$; on a

$$\|X^n\|=M_n=\text{Max de}\left|\sum^n\lambda_k\xi_k\right|.\left\|\sum^n\lambda_k X_k\right\|^{-1}.$$

2° $n$ croissant, $M_n$ croît. Si $M_n$ reste borné, la série $\sum(\|X^{n+1}\|^2-\|X^n\|^2)$ où $\sum\|X^{n+1}-X^n\|^2$ converge, $X^n$ converge fortement vers X de V, donnée par $X=X_1+\sum(X^{n+1}-X^n)$, qui résout le système (1), $\|X\|=\lim M_n$. Si $M_n$ ne reste pas borné, le système (1) n'a pas de solution. La condition nécessaire et suffisante est donc

$$\lim_{n=\infty}M_n=\overline{\lim}_{n=\infty}\left|\sum^n\lambda_k\xi_k\right|.\left\|\sum^n\lambda_k X_k\right\|^{-1}<+\infty. \tag{3}$$

ou aussi

$$\underline{\lim}_{n=\infty}\left\|\sum^n\lambda_k X_k\right\|.\left|\sum^n\lambda_k\xi_k\right|^{-1}>0. \tag{3'}$$

Lorsque les $X_k$ ne sont pas indépendants, le résultat subsiste. En particulier, le problème *restreint* (F. Riesz) : existence d'une solution X de (1) telle que $\|X\|\leq C$ sera possible si, et seulement si $\lim M_n\leq C$ ou si $\left|\sum^n\lambda_k\xi_k\right|\leq C\left\|\sum^n\lambda_k X_k\right\|$ pour tous $\lambda_k$. Si $M=\lim M_n<+\infty$ avec $M>C$, le problème restreint est

impossible, mais il devient possible pour les $\xi'_k = \xi_k . \mathrm{CM}^{-1}$, avec solution $X' = X . \mathrm{CM}^{-1}$, X solution du problème (1) général.

3. Supposons (1) résoluble pour tous les $\xi_k$ tels que $\sum |\xi_k|^2$ converge. La condition d'E. Schmidt est

$$\underline{\lim}_{n=\infty} \left\| \sum^n \lambda_k X_k \right\| . \left( \sum^n |\lambda_k|^2 \right)^{-\frac{1}{2}} = \nu > 0$$

ou bien

$$\overline{\lim}_{n=\infty} \left( \sum^n |\lambda_k|^2 \right)^{\frac{1}{2}} . \left\| \sum^n \lambda_k X_k \right\|^{-1} = \mu < +\infty. \tag{4}$$

Lorsqu'elle est vérifiée, l'inégalité de Cauchy-Schwarz donne, en posant $\|\xi\|^2 = \sum |\xi_k|^2$,

$$\overline{\lim}_{n=\infty} \left| \sum^n \lambda_k \xi_k \right| \left\| \sum^n \lambda_k X_k \right\|^{-1} \leq \|\xi\| . \overline{\lim}_{n=\infty} \left( \sum^n |\lambda_k|^2 \right)^{\frac{1}{2}} . \left\| \sum^n \lambda_k X_k \right\|^{-1} = \|\xi\| . \mu < +\infty,$$

ce qui prouve que (4) entraîne (3).

Inversement, si (3) est vérifiée pour tout $\xi = \sum \xi_k e_k$ de $\mathcal{H}$, le problème (1) est possible et détermine, pour tout $\xi$ de $\mathcal{H}$, un vecteur unique $X(\xi)$, limite forte de $X^n(\xi)$, solution du problème réduit. Évidemment $\|X^n(\xi)\|^2$ est une fonctionnelle continue positive de $\xi$, et la suite des $\|X^n(\xi)\|^2$ converge en tout point $\xi$ de $\mathcal{H}$. Par un lemme connu (Osgood-Banach), cette suite est uniformément bornée dans la sphère unité et l'on a, pour tout $\xi$, $\|X(\xi)\| \leq M \|\xi\|$. [$X(\xi)$ est opérateur linéaire borné.] En particulier, pour $\xi = \bar{\xi}^n = \sum^n \bar{\xi}_k e_k$, $\|X^n(\bar{\xi}^n)\| \leq M \|\bar{\xi}^n\|$, quel que soit $n$.

(3) étant vérifiée pour tout $\xi = \sum \xi_k e_k$, on aura, en particulier, pour $\lambda_k = \bar{\xi}_k$, $k = 1, 2, \ldots, n$, et pour tout $n$,

$$\left| \sum^n \lambda_k \xi_k \right| . \left\| \sum^n \lambda_k X_k \right\|^{-1} = \left( \sum_n |\xi_k|^2 \right) . \left\| \sum^n \bar{\xi}_k X_k \right\|^{-1} \leq \|X^n(\bar{\xi}^n)\| \leq M \|\bar{\xi}^n\|,$$

d'où se déduit

$$\overline{\lim}_{n=\infty,\ \lambda \text{ variables}} \left( \sum^n |\lambda_k|^2 \right)^{\frac{1}{2}} . \left\| \sum_n \lambda_k X_k \right\|^{-1} \leq M.$$

qui n'est autre que (4).

Les conditions (3) et (4) sont donc bien équivalentes pour exprimer la résolubilité de (1) pour tout $\xi = \sum \xi_k e_k$ de $\mathcal{H}$.

4. La méthode s'applique aisément à la recherche du *système* $\{Y_k\}$ *dual du système* $\{X_k\}$. Nous appelons ainsi le système des vecteurs $Y_k$, *situés dans*

$V = [X_1, \ldots]$, et tels que $(X_i, Y_k) = \delta_{ik}$ ($\delta_{ik} = 1$ si $i = k$, $\delta_{ik} = 0$ si $i \neq k$). Pour chaque $k$, le vecteur $Y_k$ est unique s'il existe; la condition (3') se réduit ici à $\underline{\lim}_{n=\infty} \left| X_k + \sum^{n\,\prime} \lambda_i X_i \right| > 0$ (la sommation $\sum'$ excluant $i = k$); elle exprime (condition connue) que $X_k$ n'est pas situé dans la variété $[X_1, \ldots, X_{k-}, X_{k+1}, \ldots]$, ou encore que la suppression de $X_k$ restreint effectivement la variété $[X_1, \ldots]$. Lorsque cette condition nécessaire et suffisante est vérifiée pour chaque $k$, le système des $\{Y_k\}$ ($k = 1, 2, \ldots$) est bien déterminé.

D'après ce qui précède, il est clair que $Y_k = Y_k^1 + \sum_{k=1}^{\infty} (Y_k^{n+1} - Y_k^n)$, où $Y_k^n = P_{V_n} Y_k$ satisfait à $(A_i, Y_k^n) = \delta_{ik}$ pour $i = 1, 2, \ldots, n$. Le système des $Y_k^n$ ($k = 1, 2, \ldots, n$) est le dual de $X_1, \ldots, X_n$, *dans* $V_n$.

L'interprétation de (3) est alors aisée. La considération des vecteurs $X'_n = \sum^n \lambda_k X_k$ et $Y'_n = \sum^n \bar{\xi}_k Y_k$ permet de l'écrire

$$\overline{\lim_{n=\infty}} \, |(Y'_n, X'_n)| . \|X'_n\|^{-1} < +\infty \qquad \text{ou} \qquad \overline{\lim_{n=\infty}} \, \|P_{X'_n} Y'_n\| < +\infty.$$

Lorsque les $\lambda$ varient, $n$ restant fixe, $X'_n$ décrit $V_n$ et $\|P_{X'_n} Y'_n\|$ a pour maximum $\|P_{V_n} Y'_n\|$. La condition (3) s'écrit donc simplement

$$\overline{\lim_{n=\infty}} \, \|P_{V_n} Y'_n\| = \overline{\lim_{n=\infty}} \left\| \sum_{k=1}^{n} \bar{\xi}_k Y_k^n \right\| < +\infty, \tag{3''}$$

et l'on a

$$X^n = \sum_{k=1}^{n} \bar{\xi}_k Y_k^n, \qquad \text{avec} \quad \lim_{n=\infty} X^n = \lim_{n=\infty} \sum_{k=1}^{n} \bar{\xi}_k Y_k^n = X,$$

solution du problème (1).

Il en résulte enfin que, si $X$ est un vecteur quelconque de $\mathcal{H}$, en posant $\bar{\xi}_k = (X_k, X)$, la suite $\sum_{k=1}^{n} (X_k, X) . P_{V_n} Y_k = \sum_{k=1}^{n} (X_k, X) . Y_k^n$ converge fortement vers $X$ pour $n = \infty$, alors qu'en général il n'en est pas de même pour $\sum^n (X_k, X) . Y_k$ comme nous le verrons ultérieurement.

La condition (3'') caractérise enfin, de façon simple, tous les points $\xi = \sum^{\infty} \bar{\xi}_k e_k$ de $\mathcal{H}$, qui appartiennent au domaine des valeurs $\Delta_{A^*}$ de l'opérateur fermé $A^* X = \sum^{\infty} e_k . (A_k, X)$.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie, en son nom et de la part de l'Éditeur, du Fascicule II de son Ouvrage *Les Caféiers du globe. Iconographie des Caféiers sauvages et cultivés* (¹).

L'auteur s'est attaché à décrire et à faire dessiner sous sa direction, tous les caféiers connus existant dans les grands Herbiers du globe qu'il est allé consulter sur place ou qu'on a bien voulu lui communiquer. Grâce à un concours de circonstances favorables, il a pu mener ce travail à bonne fin.

Il avait revisé dans la période 1925-1937 tous les *Coffea* qu'il avait récoltés au cours de ses voyages, ainsi que ceux existant dans les diverses collections de l'Herbier du Muséum. En 1938, peu de temps avant la déclaration de guerre, il eut communication des *Coffea's* existant dans les collections des Jardins botaniques de Berlin-Dahlen, de Coïmbre (Portugal), de Bruxelles, de La Haye, de Buitenzorg (Java).

Au mois d'avril 1940, il put se rendre à Londres, à l'Herbier du British Museum et à celui de Kew Gardens pour reviser les Coffea's renfermés dans ces collections. C'est ainsi qu'il a pu examiner tous les types existant dans ces grandes collections et les faire dessiner.

Malgré les difficultés de la période actuelle, l'éditeur, M. Paul Lechevalier a fait diligence pour tirer cet Ouvrage dans les circonstances présentes. Aussi doit-il être remercié.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Les étapes de la Métallurgie*.

## PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Anatomie comparée du Muséum National d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *Jacques Millot* obtient 27 suffrages contre 7 à Mlle *Madeleine Friant* et 5 à M. *Paul Chabanaud*; il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne M. *Paul Chabanaud* obtient 26 suffrages contre 8 à Mlle *Madeleine Friant*; il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le **Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse** comprendra :

*En première ligne* ................ M. **Jacques Millot**.
*En seconde ligne* ................ M. **Paul Chabanaud**.

(¹) 1 vol. in-4°, 36 p. + 158 planches. Paris, 1942.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Georges Baeckeroot. *Oesling et Gutland. Morphologie du Bassin ardennais et luxembourgeois de la Moselle* (présenté par M. E. de Martonne).

### THÉORIE DES NOMBRES. — *Une arithmétique des biquaternions.* Note de M. **Gaston Benneton**, présentée par M. Paul Montel.

L'identité de Brioschi permet de transformer le produit de deux sommes de 8 carrés en une seule somme de 8 carrés. Inversement on peut rechercher si, dans le domaine des nombres entiers, une somme quelconque de 8 carrés est décomposable en produit de deux sommes.

1. Nommons *biquaternion* un nombre hypercomplexe d'ordre 8 de la forme $A + \omega B$, où A et B désignent deux quaternions et où $\omega$ est un opérateur vérifiant

$$(\omega X)Y = \omega(X\overline{Y}), \qquad Y(\omega X) = \omega(XY), \qquad (\omega X)(\omega Y) = -\overline{Y}X,$$

quels que soient les quaternions X et Y, le conjugué de Y étant $\overline{Y}$.

La multiplication de deux biquaternions s'écrit

$$(A + \omega B)(C + \omega D) = AC - \overline{D}B + \omega(DA + B\overline{C});$$

elle n'est pas commutative, ni associative.

La norme du biquaternion $N = A + \omega B$ est le produit de N par son conjugué $\overline{N} = \overline{A} - \omega B$ : elle vaut la somme des carrés des 8 composantes de N. La norme d'un produit égale le produit des normes, ce qui traduit l'identité de Brioschi.

Ce système de biquaternions, qui comprend les quaternions comme cas particulier, ne diffère des *octaves* de Cayley [1] que par l'ordre des unités.

2. Un biquaternion est dit entier si ses composantes sont des nombres entiers, il est dit primitif si les composantes sont premières entre elles dans leur ensemble. Un biquaternion est premier si sa norme est un nombre premier. Dans la suite nous écrirons les biquaternions en lettres majuscules et leurs normes en minuscules correspondantes.

Pour que le biquaternion A soit divisible à droite (ou à gauche) par B, il faut et il suffit que $A\overline{B}$ (ou $\overline{B}A$) soit divisible par $b$.

Nous définissons ainsi les restes des biquaternions suivant le module $m$ : Si $m$ est impair, le reste de A (mod $m$) est le biquaternion R congru à A dont

---

[1] *Math. Papers*, 1, Cambridge, 1889, pp. 127-301.

les composantes sont comprises entre $-m/2$ et $m/2$. Si $m$ est pair, nous considérons deux restes de A (mod $m$) dont les composantes sont comprises entre $-m/2$ et $(m+1)/2$ : le reste R, reste normal congru à A, et le reste R′ congru à A + C, les composantes de C étant toutes égales à $m/2$.

Les propriétés sont les suivantes. Pour $m$ pair, A quelconque, un au moins des deux restes de A (mod $m$) a une norme inférieure ou égale à $m^2$.

Pour $m$ impair, A quelconque, un au moins des 8 multiples A, 2A, $2^2$A, ..., $2^7$A a pour reste (mod $m$) un biquaternion de norme inférieure à $m^2$. En outre, $k$ étant le plus petit nombre vérifiant $4^k \equiv 1 \pmod{m}$, un au moins des $k$ multiples A, 2A, ..., $2^{k-1}$A a pour reste un biquaternion de norme inférieure à $8m^2/9$.

Si nous supposons la norme de A divisible par $m$, et si R est un reste de A (mod $m$), les deux biquaternions A et R sont divisibles à droite et à gauche par les mêmes biquaternions de norme $m$, ou n'admettent tous deux aucun diviseur de norme $m$.

3. Cette dernière propriété donne un algorithme simple pour la décomposition d'un biquaternion N en produit de facteurs N = AB suivant les normes $a$, $b$. Désignons par $m$ le plus grand nombre réel qui divise à la fois 2N, $a$, $b$, et par C le moindre reste de $2N/m$ (mod 2). La norme de C vaut 0 ou 4.

Si C est nul, N est décomposable en autant de produits qu'il y a de biquaternions de norme $m$. Les facteurs B et A sont de la forme

$$l\mathrm{B} = \mathrm{MS}_1\mathrm{S}_2\ldots\mathrm{S}_\alpha, \qquad lb\bar{\mathrm{A}} = \mathrm{MS}_1\mathrm{S}_2\ldots\mathrm{S}_\alpha\bar{\mathrm{N}},$$

où $l$ est un nombre entier réel, M est un biquaternion quelconque de norme $m$, $S_1, S_2, \ldots, S_\alpha$ sont certains biquaternions de normes croissantes.

Si la norme C vaut 4, N est décomposable d'autant de manières qu'il y a de biquaternions M de norme $m$ rendant le produit MC divisible par 2.

Les seuls biquaternions indécomposables en produit de facteurs (dont aucun n'est unitaire) sont les biquaternions premiers et les biquaternions primitifs ayant pour norme une puissance de 2 et pour reste (mod 2) un biquaternion de norme 4 indécomposable. L'échange de deux composantes convenablement choisies transforme ces derniers en biquaternions décomposables.

4. Appelons biquaternion réduit U tout biquaternion primitif de l'une des formes 1, 0, 0, 0, $x$, $y$, $z$, $t$ ou 0, 0, 0, 0, $x$, $y$, $z$, $t$.

Tout biquaternion premier P peut être considéré comme diviseur à droite d'un biquaternion réduit et, d'autre part, se décompose en un produit de biquaternions réduits, à un facteur près $l$ nombre naturel :

$$l\mathrm{P} = \mathrm{U}_1\mathrm{U}_2\ldots\mathrm{U}_\alpha, \qquad \mathrm{U}_0 = \mathrm{NP}.$$

De l'étude de cette dernière égalité, il résulte que le nombre des biquaternions de norme $p$ premier impair vaut 16 fois le nombre total des solutions des trois congruences (prises séparément)

$$x^2+y^2+z^2+t^2+1 \equiv 0, \qquad x^2+y^2+1 \equiv 0, \qquad x^2+1 \equiv 0 \qquad \pmod{p}.$$

Ce total vaut $16(p^3+1)$, ce qui démontre le théorème de Jacobi sur les sommes de 8 carrés pour les nombres premiers. Le théorème général se déduit par multiplication.

Le nombre des biquaternions primitifs de norme $n$ est égal à

$$16kn^3\prod\left(1+\frac{1}{p^3}\right),$$

produit étendu à tous les diviseurs premiers de $n$, le coefficient $k$ valant 7/9 pour $n$ double de nombre impair, valant 35/36 pour $n$ quadruple de nombre impair, valant l'unité dans tout autre cas.

Si $n$ est multiple de 4, le nombre des biquaternions primitifs ayant quatre composantes impaires sur huit vaut $(140/9)n^3\Pi[1+(1/p^3)]$.

Si $n$ est multiple de 8, le nombre des biquaternions primitifs à composantes toutes impaires vaut $(4/9)n^3\Pi[1+(1/p^3)]$.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur certaines causes de dispersion des résultats dans l'étude des phénomènes de fatigue.* Note de MM. **Xavier Waché** et **Pierre Chevenard**, présentée par M. Léon Guillet.

Au moyen d'une micromachine créée au laboratoire d'Imphy [1], nous avons entrepris de suivre les progrès de la fatigue d'un métal au cours d'un essai de torsion alternée. L'appareil admet une éprouvette de $1^{mm},5$ de diamètre et de $10^{mm}$ de longueur. Il lui impose, à la fréquence de 25 par seconde, des cycles de torsion dont on peut faire varier l'amplitude, et il enregistre photographiquement le diagramme *couple-torsion* par le jeu d'un trépied optique. La finesse et la vigueur du tracé permettent une élaboration précise du cycle enregistré, dont l'aire mesure l'énergie dissipée par frottement intérieur. En divisant cette perte $\Delta w$ par le double de l'énergie élastique $w$ accumulée dans le barreau tordu, on obtient le décrément $\delta$ : la variation du paramètre $\delta$, en fonction du nombre N de cycles, caractérise la modification du métal par fatigue.

Dans tous les cas, les résultats relatifs à une même éprouvette donnent des points bien groupés autour d'une courbe moyenne d'allure régulière. Au contraire, nos premiers résultats obtenus sur des éprouvettes distinctes, mais qui nous semblaient identiques, se sont révélés le plus souvent assez discordants; une semblable dispersion est d'ailleurs habituelle dans les essais de ce genre, puisque l'on a émis bien des fois l'opinion que chaque éprouvette a son « individualité ». Avant de poursuivre nos recherches, nous nous sommes proposé d'étudier les *causes de cette dispersion*. Dès maintenant, il nous paraît opportun d'attirer l'attention sur l'importance des moindres détails dans les conditions de l'usinage et du traitement thermique des éprouvettes.

---

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 631.

L'influence de ces détails apparaît dès le début des essais comme le prouvent les expériences suivantes. Elles concernent trois lots de microéprouvettes en acier nickel-chrome-molybdène (C = 30; Ni = 2,0; Cr = 0,6, Mo = 0,4 %) trempées à 850° dans l'huile, revenues à 700° pendant 30 minutes, puis refroidies par immersion dans l'huile. Celles du premier lot A ont été usinées puis traitées, les chauffes de trempe et de revenu étant effectuées *sous le vide*. Celles du deuxième lot B ont été tournées dans un barreau trempé puis revenu à 550° et, une fois achevées, ont subi sous le vide un revenu de 30 minutes à 700°. Les microéprouvettes du troisième lot C proviennent d'un barreau de $4^{mm}$ de diamètre qui, après traitement thermique, a été tourné avec précaution. On a imposé à chaque microéprouvette des cycles lents dont on a fait croître progressivement l'amplitude, et l'on a construit la courbe du décrément $\delta$ en fonction de la contrainte au cisaillement $\mathcal{T}$ de la fibre extérieure, courbe dont on connaît l'allure rapidement ascendante.

Dans la figure 1 les zones hachurées A, B, C représentent les aires de dispersion des courbes ($\delta$, $\mathcal{T}$) pour les trois lots, comprenant chacun 3 microéprouvettes. Par rapport à l'aire A, le décalage de l'aire C a pour cause

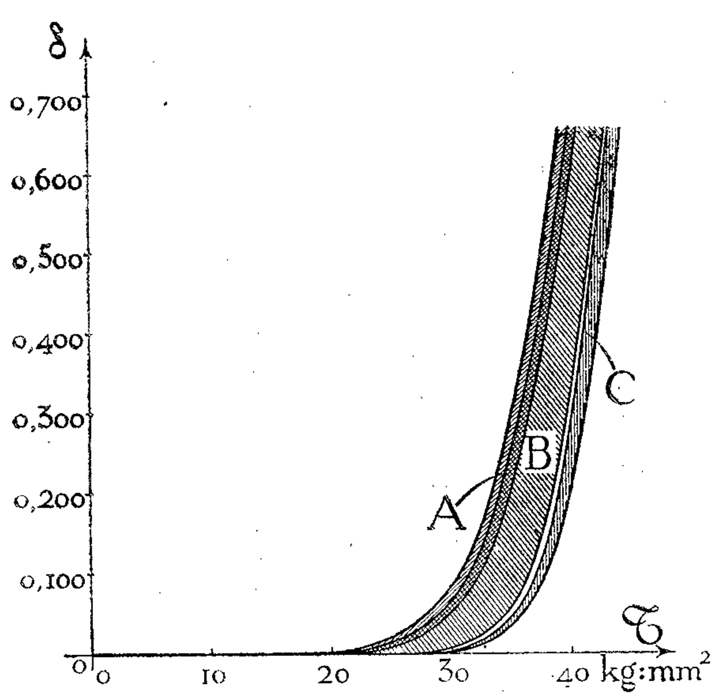



Fig. 1.

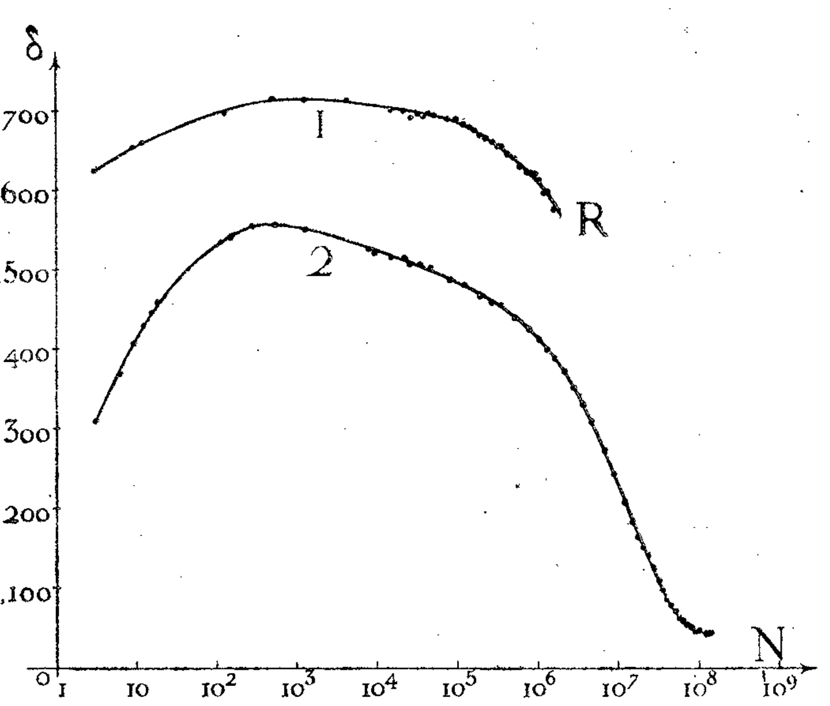



Fig. 2.

principale l'écrouissage dû à l'usinage après traitement; le décalage de l'aire B prouve que, contrairement à ce que nous pensions, cet écrouissage n'est pas sûrement effacé par un revenu de 30 minutes à 700°.

L'influence des conditions d'usinage et de traitement est encore plus marquée sur l'allure des courbes de fatigue, qui représentent le décrément $\delta$ en fonction du nombre N de cycles. Des expériences ont été faites avec un acier eutectoïde, recuit à 800° pendant 30 minutes et refroidi lentement. Certaines microéprouvettes ont été usinées après recuit et d'autres ont été recuites sous le vide après usinage. L'amplitude des cycles, à laquelle correspondait un taux de contrainte $\mathcal{T} = 19{,}4\ \mathrm{kg/mm^2}$, avait été choisie de manière à obtenir une hystérésis initiale assez forte.

Dans tous les cas, les premières éprouvettes ont donné des courbes ($\delta$, N) situées au-dessus des autres, et leur durée de vie a été sensiblement plus courte. Ainsi, des deux éprouvettes dont les résultats sont groupés dans la figure 2, la première, usinée après recuit (courbe 1), n'a guère supporté que 1 million de cycles avant de se rompre; l'autre, recuite après usinage (courbe 2), était encore intacte après plus de 100 millions, et le cycle primitivement très enflé ($\delta$ 0,310) s'était transformé par accommodation en un cycle d'hystérésis beaucoup moindre ($\delta$ 0,042).

Enfin nos expériences ont montré l'influence d'une légère oxydation superficielle des éprouvettes et, d'une façon générale, de toutes les particularités de leur état de surface.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la rationalisation des unités électriques.* Note de M. **Émile Brylinski**.

Nous avons examiné la rationalisation des unités magnétiques [1]. Celle des unités électriques se présente sous un aspect assez différent en raison de la loi fondamentale de Coulomb

$$f = \frac{1}{\varepsilon}\frac{QQ_1}{r^2}, \tag{1}$$

de laquelle il résulte que toute modification de l'unité de constante diélectrique modifie nécessairement l'unité de charge électrique et par conséquent toutes les unités électriques.

La condition imposée à tout système de rationalisation de maintenir sans changement les unités électriques pratiques équivaut donc à l'interdiction de modifier l'unité de constante diélectrique.

La rationalisation électrique consiste à remplacer l'équation du flux d'induction électrique

$$\int (\mathcal{D}.dS) = 4\pi Q \tag{2}$$

par la formule rationalisée (nous distinguons par un accent les grandeurs soumises à la rationalisation)

$$\int (\mathcal{D}'.dS) = Q. \tag{3}$$

Il en résulte que l'on a

$$\mathcal{D} = 4\pi\mathcal{D}'. \tag{4}$$

De la définition de l'induction

$$\mathcal{D} = \varepsilon\mathcal{E}, \tag{5}$$

[1] *Compes rendus*, **216**, 1943, p. 113.

il résulte alors que

$$\mathcal{D}' = \frac{\varepsilon}{4\pi}\mathcal{E}. \tag{6}$$

Ce mode de rationalisation a été employé par Maxwell (et à sa suite par M. Darrieus), qui a construit sa théorie sur le *déplacement électrique* $\mathcal{D}'$ définie par l'équation (6) concurremment avec l'emploi de l'induction électrique $\mathcal{D}$.

Mais le système usuel de rationalisation électrique se refuse à introduire le facteur $4\pi$ dans la formule et maintient l'équation (5) sous la forme

$$\mathcal{D}' = \varepsilon'\mathcal{E}. \tag{5bis}$$

Il en résulte immédiatement la conclusion

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{4\pi}. \tag{7}$$

L'unité de constante diélectrique est donc modifiée, de sorte que ce système de rationalisation est incompatible avec le maintien des unités électriques pratiques.

La rationalisation électrique ne peut, par conséquent, être réalisée que par le procédé de Maxwell. Elle soulève une contradiction apparente qu'il faut lever.

Considérons deux conducteurs parallèles rectilignes indéfinis parcourus par des courants $i$ et $i_1$, situés dans le vide à la distance $r$ l'un de l'autre. La force exercée par le courant $i$ sur une longueur $l$ du courant $i_1$ a pour expression

$$f = 2\mu_0\frac{ii_1 l}{r}. \tag{8}$$

Il semble résulter de cette formule que le maintien de l'unité de courant, et par conséquent de toutes les unités électriques, soit lié au maintien de l'unité de perméabilité magnétique et non à celui de l'unité de constante diélectrique, mais ce n'est qu'une apparence.

L'équation (8) dérive, en effet, de l'expression $[\mathcal{B}.idl]$ de la force que subit un élément de courant $idl$ dans un champ d'induction magnétique $\mathcal{B}$, et elle s'écrit au stade intermédiaire

$$f = \mathcal{B}i_1 l. \tag{8bis}$$

Sous cette forme, on voit que l'unité de courant électrique n'est pas modifiée par la rationalisation tant que l'unité d'induction magnétique ne l'est pas. Allons plus loin : dans tous les systèmes de rationalisation magnétique, on a, dans ce cas,

$$\mathcal{H}' = \frac{\mathcal{H}}{4\pi} = \frac{i}{2\pi r}. \tag{9}$$

Dans le système de Dellinger-Darrieus, on a, en outre,

$$\mathcal{B}' = \mathcal{B} = 4\pi\mu\mathcal{H}' = 2\mu\frac{i}{r}, \tag{9}$$

et par conséquent la formule (8).

Dans le système usuel de rationalisation magnétique, on a au contraire

$$\mathcal{B}' = \mathcal{B} = \mu' \mathcal{H}' = \frac{\mu'}{2\pi} \frac{i}{r}, \tag{10}$$

de sorte que l'équation (8) doit être remplacée par

$$f = \frac{\mu'_0}{2\pi} \frac{i i_1 l}{r}. \tag{11}$$

Comme $\mu'_0$ est égal à $4\pi\mu_0$, la formule (11) donne pour l'unité de courant électrique la même valeur que (8), parce que la valeur de l'unité d'induction magnétique a été maintenue sans changement, ce qui nécessite que l'unité de potentiel électrique ait également été maintenue sans changement. On peut donc employer le système usuel de rationalisation magnétique seule sans modifier les unités électriques pratiques, mais il est facile de vérifier que dans ce cas l'expression de la vitesse de la lumière dans le vide

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \tag{12}$$

doit être remplacée par

$$c = 2\sqrt{\frac{\pi}{\varepsilon_0 \mu'_0}}. \tag{13}$$

C'est cette circonstance qui permet de modifier l'unité de perméabilité magnétique sans modifier l'unité de constante diélectrique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Possibilités de réactions de métaux fondus sur les oxydes métalliques.* Note de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Lorsqu'on soumet une surface d'oxyde solide (préalablement fondu ou aggloméré), par exemple, une paroi de creuset, à l'attaque d'un métal fondu susceptible de la réduire à la température d'expérience, la réaction, selon le cas, pénétrera dans l'oxyde ou, au contraire, restera très superficielle.

Après de nombreux essais, nous avons acquis la certitude que cette pénétration de la réaction sera conditionnée, à la température d'expérience, par la valeur du rapport $\Gamma = B/A$, entre le volume B des corps produits non volatils et insolubles dans le métal en fusion et le volume A de l'oxyde initial disparu au cours de la réaction.

Lorsque $\Gamma > 1$, en général la réaction s'arrête rapidement par suite de la formation d'un écran protecteur continu, dû aux produits fixes formés au début de l'attaque.

Lorsque $\Gamma < 1$, l'écran protecteur, qui doit se répartir sur la surface que lui impose son support, comportera un certain nombre de fissures dans lesquelles le métal fondu sera poussé en profondeur par la pression atmosphérique et sa pression propre. La réaction gagnera toute la masse du solide qui conserve

souvent à la température d'expérience son volume apparent primitif et sa forme initiale.

Le tableau suivant résume quelques-uns des essais qui nous permettent d'affirmer la validité de la règle de pénétration énoncée ci-dessus.

| Constituants | | Produits | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| phase solide. | phase. liquide. | insolubles. | solubles. | $t$°C. | A. | B. | Γ = B/A. | |
| $O^2Si$ (verre) | Ca | $OCa$ / $SiO^3Ca$ | Si | 900 | 27,2 | 34 / 27,2 | 1,25 / 1,00 | (a) |
| » » | Na | $ONa^2$ / $SiO^3Na^2$ | Si | 250 | 27,2 | 55,2 / 34,4 | 2,03 / 1,26 | (a) |
| » » | Ce | $O^3Ce^2$ | Si | 900 | 27,2 | 31,5 | 1,16 | (a) |
| » » | La | $O^3La^2$ | Si | 1000 | 27,2 | 34 | 1,25 | (a) |
| » » | Nd | $O^3Nd^2$ | Si | 1000 | 27,2 | 31 | 1,14 | (a) |
| $O^3Al^2$ (p. f.) | Mg | $OMg$ | Al | 800 | 26,4 | 34,2 | 1,30 | (a) |
| » » | Ca | $OCa$ | Al | 900 | 26,4 | 51 | 1,93 | (a) |
| $OCu$ » | Zn | $OZn$ | Cu | 500 | 12,6 | 14,4 | 1,14 | (a) |
| $OPb$ » | Al | $O^3Al^2$ et Pb | » | 750 | 23,9 | 8,8+19,8 | 1,20 | (a) |
| $O^2Si$ (quartz) | Al | $O^3Al^2$ | Si | 800 | 23,3 | 17,6 | 0,76 | (b) |
| » (verre) | Al | $O^3Al^2$ | Si | 800 | 27,2 | 17,6 | 0,65 | (c) |
| » » | Al | $O^3Al^2$ | Si | 900 | 27,2 | 17,6 | 0,65 | (d) |
| » » | Mg | $OMg$ | Si | 900 | 27,2 | 22,8 | 0,84 | (e) |
| » » | Li | $OLi^2$ / $SiO^3Li^2$ | Si | 250 | 27,2 | 30 / 24 | 1,10 / 0,88 | (f) |
| $O^3Bi^2$ (p. f.) | Zn | $OZn$ | Bi | 500 | 57 | 43,2 | 0,76 | (f) |

p. f., préalablement fondu; A, volume moléculaire des constituants solides initiaux à $t$°C.; B, volume des produits insolubles formés à $t$°C. à partir d'une molécule-gramme d'oxyde.

*Observations.* — (*a*) Pas de pénétration, attaque superficielle. (*b*) Pénétration 0,15 mm/h. (*c*) Pénétration, 0,25 mm/h. (*d*) Pénétration, 0,8 mm/h. (*e*) Pénétration, 2 à 5 mm/h. (*f*) Pénétration (vitesse non mesurée).

Il est nécessaire de bien connaître les réactions successives qui, à une température donnée, peuvent se produire entre les composés initiaux et finaux. La pénétration du lithium dans la silice, qui n'aurait probablement pas lieu s'il se formait uniquement l'oxyde $OLi^2$, s'effectue, grâce à une combinaison ultérieure donnant du silicate de lithium dont le volume est inférieur à celui de la somme des volumes de ses constituants $OLi^2$ et $O^2Si$. La valeur de Γ dans ces conditions est plus petite que 1.

Même si $\Gamma < 1$, la pénétration métallique est parfois ralentie ou même arrêtée dans les réfractaires poreux (oxydes agglomérés). La même pression peut alors s'établir des deux côtés de la surface d'attaque, soit par transmission de la pression atmosphérique dans l'épaisseur du réfractaire, soit si les gaz inertes inclus dans les porosités de ce dernier établissent une pression suffisante. La tension superficielle plus ou moins élevée du métal liquide l'empêche alors de pénétrer dans les fissures capillaires créées par la réaction.

Dans le cas général de l'attaque des oxydes compacts, avec $\Gamma < 1$, la pénétration métallique est, toutes choses égales par ailleurs, d'autant plus rapide

que Γ est plus petit. Les vitesses d'attaque par l'aluminium des différentes variétés de silice (verre de silice et quartz) (voir tableau) illustrent cette conclusion.

Les vitesses de pénétration varient beaucoup avec la solubilité, à la température d'expérience, des métaux déplacés par le métal fondu constituant la phase liquide initiale. Citons le cas (voir tableau) de la résistance de l'oxyde de plomb à l'attaque de l'aluminium fondu. Le plomb liquide insoluble dans l'aluminium est retenu dans les fissures de l'alumine déposée. Il peut être considéré comme participant à la formation de la couche protectrice stable. On a alors $A < B$, soit $\Gamma > 1$. Si le plomb n'intervenait pas comme phase insoluble on aurait $\Gamma < 1$.

Dès que l'on atteint, dans un bain métallique à température déterminée, l'état de saturation en un métal produit par la réaction, ce métal participera à la constitution de la surface protectrice. La faible solubilité du zirconium dans l'aluminium explique la résistance de la zircone à ce dernier métal, car la phase protectrice est constituée par un réseau mixte pratiquement inattaquable d'alumine cristallisée et de zirconium.

GÉOLOGIE. — *Sur la radioactivité élevée des roches marines du terrain houiller du Nord de la France.* Note de M^lle **Georgette Muchemblé**, présentée par M. Charles Jacob.

Ayant entrepris des recherches sur la radioactivité des eaux souterraines, il m'a été suggéré de porter parallèlement les investigations sur les roches qui les contiennent. Les eaux radioactives du Nord de la France ayant leur origine dans le terrain houiller, c'est sur cette formation qu'ont d'abord été dirigées les expériences.

Dès à présent, on peut déduire les conclusions exposées ci-après d'une série de 30 analyses effectuées méthodiquement, avec contre-épreuves cruciales, suivant un programme dressé par M. P. Pruvost.

Pour le dosage du radium, nous avons employé les méthodes enseignées par M. Lepape au Laboratoire d'Hydrologie du Collège de France. Tous les résultats ci-dessous sont exprimés en $10^{-12}$ g de radium par gramme de roche.

1° Dans le terrain houiller, les horizons marins, quel que soit leur niveau stratigraphique, et non point les dépôts d'eau douce qui les encadrent, sont anormalement radioactifs :

*Niveaux marins.* — Assise de Bruille, 6,37 à 10,5; niveau de Poissonnière, 2,22; niveau de Rimbert (P.-de-C.), 2,83; niveau d'Ægir (Westphalie), 4,38.

*Dépôts d'eau douce* (schistes à plantes ou à faune limnique), 0,94 à 1,12.

2° Parmi ces roches marines, ce sont les schistes ampéliteux de l'assise de Bruille qui sont les plus radioactifs (teneurs oscillant entre 2,3 et 10,5).

Ainsi s'explique la radioactivité des eaux thermales de Saint-Amand-les-Eaux, qui proviennent de cet horizon.

3° Dans ces schistes ampéliteux, la radioactivité est cantonnée au schiste

lui-même, non aux nodules de pyrite ou de carbonate de chaux qu'ils renferment. Schistes, 6,37 à 6,58; pyrite, 0,25; nodules calcaires, 1,85.

4° Le calcaire carbonifère, immédiatement subordonné à ces schistes très radioactifs, présente une radioactivité très faible (0,66 et 0,68).

5° Ni les roches éruptives de la région, ni les roches métamorphiques, ne sont spécialement radioactives (porphyrite de Quenast, 0,85; ardoises cambriennes de Belgique, 0,88 à 1,01). Partout ailleurs, et très généralement, les teneurs des gneiss et des granites n'excèdent pas 2,1.

D'où il faut conclure que la radioactivité constatée dans le cas qui nous occupe n'a pas son origine directe dans la profondeur de la croûte terrestre et n'est pas en relations avec les phénomènes du géodynamisme interne.

6° Par contre dans les terrains cambriens, à radioactivité faible (0,88) des environs de Spa, existent des horizons noirs ampéliteux à Graptolithes (*Dictyonema*) qui nous ont révélé une teneur en radium élevée (3,21). Ainsi s'expliquerait également la radioactivité des eaux de Spa, qui sourdent à leur voisinage.

7° Suivant en direction la bande des schistes radioactifs de Bruille le long du bord septentrional du bassin, on trouve la progression suivante d'Ouest en Est. Courrières, 2,3 à 2,6; Vicoigne, 5,4 à 6,5; Baudour (Belgique), 10,2 à 10,5.

Cette augmentation vers l'Est est à rapprocher du fait que, dans cette direction, les faciès sont plus franchement marins : la lagune houillère communiquait avec la haute mer par sa région orientale.

Ainsi *les fines boues marines, riches en organismes, ayant donné naissance à des schistes charbonneux du type des ampélites, sont des roches de radioactivité anormalement élevée*. Or on sait par les recherches de J. Joly [1], de H. Peterson et de Piggot que, dans les océans actuels, ce sont les boues bleues, les argiles rouges, les vases à Globigérines et Radiolaires qui présentent ce caractère (teneurs en Ra de 3,9 à 13,1).

Nous constatons de plus, comme l'a fait J. Joly en 1908 pour les dépôts actuels des grands fonds marins, que *les hautes teneurs en éléments radioactifs sont réservées aux sédiments pauvres en carbonate de chaux*.

Il semble donc que se pose désormais la question d'une relation possible entre la radioactivité et les vases marines et, peut-être, l'activité biologique au sein des mers.

A 16h10m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m. L. B.

---

[1] *Proc. R. Soc.*, Dublin, (N. Ser.), **11**, 1908, p. 288; **14**, 1914, p. 255.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances de février 1943.

*Atlas clinique d'Ophtalmoscopie photographique. Syndromes cliniques du fond de l'œil*, par Henri Tillé et André Couadau. Paris, Masson et C^ie^, 1939; 1 vol. 32^cm^ (présenté par M. A. de Gramont).

*Électrochimie. Les principes,* par René Audubert et Marguerite Quintin. Paris, Presses universitaires de France, 1942; 1 vol. 19^cm^,5.

Savoir en histoire naturelle. Vol. XI. *Ce qu'il faut savoir des Reptiles et Batraciens de France,* par Gaston Portevin. Paris, Paul Lechevalier, 1942; 1 vol. 19^cm^ (présenté par M. A. Chevalier).

*L'hygiène du cœur. — Considérations sur le rhumatisme chronique et sur son traitement. — Dix ans de surdimutité volontaire chez les Maîtres de la phtisiologie officielle. — La mode en thérapeutique et, en particulier, dans le traitement de la tuberculose. — Sanatariums. — L'asthme, sa pathogénie et son traitement. — L'urticaire. — La frénésie sportive et l'usure du cœur. — Le phénomène le plus important de la pathologie : l'insolubilisation (précipitation et floculation). — Les phénomènes biologiques explicables par les propriétés des Colloïdes et des Micelloïdes et par leur floculation*, par Auguste Lumière. Lyon, Laboratoire Lumière, s. d.; 10 fasc. 21^cm^.

*Le problème de l'anaphylaxie,* par Auguste Lumière. Paris, Gaston Doin, 1924; 1 vol. 22^cm^,5.

Centre anticancéreux de Lyon. *Le cancer. Maladie des cicatrices,* par Auguste Lumière. Paris, Masson et C^ie^, 1929; 1 vol. 20^cm^,5.

*Colloïdes et Micelloïdes. Leur rôle en biologie et en médecine,* par Auguste Lumière. Paris, Éditions médicales Norbert Maloine, 1933; 1 vol. 22^cm^,5.

*Hérédo-Tuberculose,* par Auguste Lumière. Lyon, Imprimerie Léon Sézanne, 1935; 1 vol. 22^cm^,5.

*La renaissance de la médecine humorale,* par Auguste Lumière. Deuxième édition revue et augmentée. Imprimerie Léon Sézanne, 1937; 1 vol. 22^cm^,5.

*Quelques travaux complémentaires relatifs à la propagation de la tuberculose.* Lyon, Imprimerie Léon Sézanne, 1937 à 1941; 5 fasc. 21^cm^,5.

*L'œuvre scientifique de Auguste Lumière dans le domaine de la biologie et de la médecine*, par Paul Vigné. Lyon, Imprimerie Léon Sézanne, 1938; 1 vol. 22^cm^.

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 1er MARS 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès survenu à Göttingen, le 14 février 1943, de M. **David Hilbert**, Correspondant pour la Section de Géométrie.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur les perturbations magnétiques en baie.* Note (¹) de MM. **Charles Maurain** et **Jean Coulomb**.

Nous avons étudié les perturbations magnétiques en baies d'après les enregistrements obtenus près de Paris de 1883 à 1941, c'est-à-dire pendant 59 ans, avec des appareils identiques dans les observatoires successifs de Saint-Maur, Val-Joyeux et Chambon-la-Forêt. Elles ont été l'objet de divers travaux [J. de Moidrey à Zi-Ka-Wei, 31 ans (²), L. Steiner à O'Gyalla, 11 ans (³), Lubiger à Samoa, 7 ans, cité par Wiechert, Erwin Wiechert à Gr. Raum-Königsberg, 5 ans (⁴)]. Il y a intérêt à travailler sur une longue série, parce qu'on peut ainsi choisir seulement des cas bien nets et cependant en réunir un nombre assez considérable pour que l'étude statistique des propriétés soit précise.

Les accidents des courbes des enregistreurs magnétiques en forme de baie, arrondis ou pointus, sont assez nombreux, mais il en est qui apparaissent sur un seul des éléments enregistrés, qui sont ici la composante horizontale H du champ, la déclinaison magnétique D et la composante verticale Z; leur forme est souvent plus ou moins irrégulière; leur ampleur en durée et en intensité sont très diverses; certains se produisent au cours d'orages magnétiques ou d'une agitation de longue durée, et il est alors difficile de décider s'ils font

---

(1) Séance du 8 février 1943.

(2) *Études sur le magnétisme terrestre*, 1, 1918, p. 53.

(3) *Terrestrial Magnetism*, 26, 1921, p. 1.

(4) *Mitteilungen d. geophysikalischen Warte* (Gr. Raum d. Albertus Universität, Königsberg, 22, 1934, p. 1).

partie de l'agitation générale ou s'ils s'y superposent. Pour obtenir des résultats aussi nets que possible, nous avons retenu seulement les accidents en baie de forme simple marqués au moins sur deux des éléments, et apparaissant sur des parties des courbes non troublées par d'autres perturbations. Malgré ces précautions, il est possible que certains des accidents notés fassent partie d'une agitation d'autre origine, mais leur nombre est certainement faible, et leur intervention aberrante dans les statistiques très peu importante.

Nous avons noté ainsi, sur ces 59 années d'observations, 885 perturbations en baie, désignées dans ce qui suit par PB. Ce nombre est relativement faible, du fait de la sévérité dans le choix des cas. Nous les avons rangées en trois catégories, suivant leur durée : catégorie 1, $PB_1$, durée inférieure à 15 minutes, cat. 2, $PB_2$, durée entre 15 et 30 minutes; cat. 3, $PB_3$, durée supérieure à 30 minutes. Nous avions en particulier en vue, en adoptant ce mode de division au début du travail, que se trouvent rangés dans une de ces catégories, la première, la plupart des accidents, dits *crochets*, qui correspondent à des évanouissements brusques des ondes radioélectriques courtes, et qui sont dus à l'émission par le Soleil de radiations ultraviolettes, alors que les fortes perturbations sont attribuées à l'émission par le Soleil de radiations corpusculaires. En fait, comparant ensuite les PB notées par nous avec les 265 cas d'évanouissements notés par le Comité français de Radioélectricité de 1932 à mai 1939 (presque tous de 1935 à 1939), nous n'avons trouvé que deux coïncidences entre les deux listes. Les accidents correspondant à des évanouissements n'interviennent donc à peu près pas dans notre étude; mais la répartition en catégories adoptée s'est révélée cependant fort utile, car les propriétés statistiques des $PB_1$ et des $PB_3$ sont différentes; nous avons limité notre étude à ces deux catégories, la catégorie intermédiaire, d'ailleurs peu nombreuse, n'ayant servi qu'à mieux délimiter les deux autres; nos résultats peuvent être ainsi plus nets que ceux des travaux antérieurs, dans lesquels une telle distinction n'a pas été faite.

Les 885 PB se répartissent en 315 $PB_1$, 70 $PB_2$ et 500 $PB_3$. Leurs amplitudes moyennes en intensité sont, respectivement, pour la composante horizontale environ 8, 12 et $23^\gamma$, pour la déclinaison $1',45$, $2',1$ et $5',3$.

*Perturbations en baie de la cat.* 3, $PB_3$. — Leur durée moyenne est de l'ordre d'une heure; leur amplitude pour H varie entre environ 10 et $60^\gamma$, moyenne 23, et pour D entre environ $2'$ et $14'$, moyenne $5',3$.

Le *sens de la variation de* H dans ces $PB_3$ est, dans la plupart des cas, une augmentation (432 cas sur 500, soit 86,4 %). Il en est de même pour les $PB_2$ (84 %) et les $PB_1$ (80 %).

*Répartition dans l'année.* — Les $PB_3$ sont beaucoup plus nombreuses en hiver qu'en été, et ce caractère s'applique aussi bien aux perturbations positives pour H qu'aux perturbations négatives; pour les unes et les autres il y a un minimum accentué en juin, et un maximum en hiver. Le tableau suivant

donne cette répartition, dans laquelle on n'a pas tenu compte de l'inégalité de durée des mois.

| | J. | F. | M. | A. | M. | J. | J. | A. | S. | O. | N. | D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $PB_3$ positives pour H.. | 47 | 45 | 38 | 30 | 21 | 6 | 17 | 35 | 40 | 52 | 56 | 45 |
| » négatives » .. | 14 | 5 | 6 | 3 | 2 | 0 | 4 | 1 | 3 | 4 | 13 | 13 |
| Ensemble............ | 61 | 50 | 44 | 33 | 23 | 6 | 21 | 36 | 43 | 56 | 69 | 58 |

Cette répartition diffère de celle de l'agitation magnétique générale, qui présente des maximums voisins des équinoxes ([5]).

Dans les répartitions annuelles trouvées pour Königsberg, O'Gyalla, Zi-Ka-Wei et Samoa, il y a comme dans celle trouvée ici, un minimum pour le mois de juin, mais ce minimum est beaucoup plus marqué dans nos résultats (pour les positives le minimum de juin est 6 et le maximum de novembre 56, alors qu'à Samoa le minimum est 7 et le maximum 9). Quant à la répartition dans la partie opposée de l'année, elle ne se présente pas de même dans ces 5 stations, et il semble qu'on puisse noter un effet de latitude ([6]) : à Königsberg, le maximum d'hiver est simple, à Paris il y a un soupçon de creusement en décembre, à O'Gyalla et à Zi-Ka-Wei il y a à cette époque un minimum secondaire; à Samoa, il y a aussi un minimum en décembre, mais un peu plus marqué que celui de juin; à Zi-Ka-Wei et à Samoa la variation se rapproche du caractère d'oscillation double avec maxima aux équinoxes que présente l'agitation magnétique générale.

*Répartition diurne.* — Le tableau suivant donne la répartition des $PB_3$ suivant les heures de la journée (temps local), séparément pour les positives et les négatives pour H, et pour l'ensemble.

| | $0\text{-}1^h$. | 1-2. | 2-3. | 3-4. | 4-5. | 5-6. | 6-7. | 7-8. | 8-9. | 9-10. | 10-11. | 11-12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $PB_3$ pos. p. H. | 62 | 43 | 24 | 10 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| » nég. » . | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Ensemble..... | 62 | 44 | 25 | 11 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 2 |

| | $12\text{-}13^h$. | 13-14. | 14-15. | 15-16. | 16-17. | 17-18. | 18-19. | 19-20. | 20-21. | 21-22. | 22-23. | 23-24. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $PB_3$ positives.. | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 9 | 14 | 29 | 44 | 47 | 70 | 65 |
| » négatives. | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 15 | 16 | 12 | 3 | 3 | 1 | 4 |
| Ensemble..... | 1 | 1 | 1 | 3 | 8 | 24 | 30 | 41 | 47 | 50 | 71 | 69 |

Les positives sont plus nombreuses pendant la nuit, et réparties presque exclusivement entre $17^h$ et $5^h$, avec maximum pour l'heure $22\text{-}23^h$, les nombres restant grands pour les deux heures suivantes. Les négatives sont groupées aux heures moyennes de la fin de l'après-midi, avec maximum de $17^h$ à $19^h$.

La répartition diurne varie un peu suivant les saisons. Nous l'avons établie

---

([5]) Voir par exemple la répartition pour Paris, étudiée par l'un de nous d'après 41 années d'observations (*Ann. de l'Inst. de Physique du Globe*, 5, 1927, p. 94).

([6]) Les latitudes géomagnétiques de Paris et O'Gyalla sont plus différentes que leurs latitudes géographiques.

séparément pour les couples de mois comprenant les équinoxes et les solstices : le maximum de la fréquence est un peu après $22^h$ pour déc.-janv., vers $23^h$ pour mars-avril et sept.-oct., et seulement après minuit pour juin-juillet. Ainsi, l'heure du maximum de fréquence est d'autant plus avancée dans la nuit que le Soleil se couche plus tard.

La variation diurne de l'agitation magnétique générale est beaucoup moins marquée; elle a un minimum peu accentué dans la matinée et un maximum peu marqué aussi vers $22^h$ (7). Éblé a montré récemment (8) que cette variation n'est pas la même pour les agitations magnétiques faible et forte, qui sont ainsi attribuables, dans l'ensemble, à des phénomènes différents.

La répartition diurne trouvée ici pour les $PB_3$ positives s'accorde bien avec celles trouvées pour Königsberg, O'Gyalla et Samoa. Pour les $PB_3$ négatives, l'accord est assez bon avec O'Gyalla, médiocre avec Königsberg, où il y a deux maximums, l'un vers $15^h$ et l'autre, moins marqué, vers $4$-$5^h$; à Samoa il y a un maximum unique très net à midi. Pour Zi-Ka-Wei n'a pas été faite une distinction entre les PB positives et les négatives; il y a pour l'ensemble un maximum vers $19$-$20^h$, et un minimum vers midi.

Ces divers résultats portent à penser que les $PB_3$ sont un phénomène des régions tempérées (effet à distance des orages polaires de Birkeland, nous y reviendrons); les perturbations étudiées à Samoa semblent être de nature différente.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter deux listes de candidats aux places de Membres titulaires du *Bureau des Longitudes* vacantes par la mort de M. l'amiral *Pirot* et de M. *Émile Picard*.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Pierre Poirier. *Le Hasard et le nombre* $\pi$.

M. **Gaston Ramon** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par la mort de M. *Jules-Louis Breton*.

---

(7) Ch. Maurain et L. Éblé, *Annales de l'Inst. de Physique du Globe*, **7**, 1929, p. 186.

(8) Voir page 305 (même numéro).

GÉOMÉTRIE. — *L'autoparallélisme des courbes extrémales dans les espaces métriques fondés sur la notion d'aire.* Note de M. **Félix Alardin**, présentée par M. Élie Cartan.

C'est M. H. Weyl qui le premier a défini la connexion de Levi-Civita par l'autoparallélisme des courbes extrémales. Dans ce parallélisme les éléments des lignes qui extrémisent l'intégrale $\int ds$ sont parallèles entre eux (au sens de la géométrie créée), de même que, dans l'espace ordinaire, tous les éléments d'une droite sont parallèles.

Dans la théorie des espaces de Finsler, M. É. Cartan définit le transport parallèle par la condition de priver de torsion toute une catégorie de cycles infinitésimaux. Après avoir montré que les équations différentielles des extrémales sont précisément les équations caractéristiques des géodésiques, il fait cette remarque : « Il aurait été naturel de s'imposer *a priori* comme condition relative au transport parallèle la propriété des extrémales que leur direction reste toujours parallèle à elle-même. Mais cela n'aurait pas suffi pour déterminer la connexion euclidienne ». Cette propriété donne en effet $n$ conditions, alors que la détermination complète des coefficients $\Gamma_{i}^{j}{}_{k}$ en exige $(n^3 - n^2)/2$.

Le déplacement parallèle qu'attribue M. É. Cartan aux espaces C [1] est déterminé par un procédé en tout point identique à celui des espaces de Finsler. Mais, contrairement à ce qui a lieu pour ces derniers, une géodésique ne réalise l'extrémum de l'intégrale $\int ds$ que si, le long de cette ligne, le vecteur $\vec{A}$ reste équipollent à lui-même.

On connaît, d'autre part, le rôle des géodésiques dans les espaces riemanniens et les espaces de Finsler. L'importance de ces courbes résulte du fait qu'elles peuvent être définies soit comme lignes auto-parallèles, soit comme lignes qui réalisent l'extrémum de l'intégrale $\int ds$. Ces deux notions n'étant plus équivalentes dans la théorie des espaces C, la notion de géodésique y perd de son importance. De ce point de vue, *la recherche d'une connexion euclidienne intrinsèque* (G — E) dans laquelle géodésiques et extrémales coïncident, revêt un intérêt spécial.

La présente Note est une synthèse de nos contributions personnelles relatives à ce problème.

---

[1] En vue de simplifier l'écriture nous appellerons *espaces* C les espaces métriques fondés sur la notion d'aire, *connexion euclidienne* (G — E) toute connexion euclidienne qui réalise l'autoparallélisme des courbes extrémales de $\int ds$.

L'introduction de deux procédés distincts, l'un la dérivation contrevariante, l'autre la dérivation covariante, donnant, à partir des tenseurs de courbure et des tenseur $L^i\sqrt{g}$, $g^{ij}$, $A^{ikh}$, toute la gamme des tenseurs intrinsèquement liés à l'espace, nous a permis d'écrire généralement les équations des courbes extrémales sous la forme

$$K^{ij}\frac{\tilde{\omega}_j}{ds}+A^{i,}{}_h\frac{L^h}{\sqrt{g}}-\frac{g}{L^2}u_r u_s(\Gamma^{\star rsi}-\Gamma^{\star isr})-\frac{\sqrt{g}}{L}u_r A_s(\Gamma^{\star rsi}-\Gamma^{\star isr})=0,$$

où $K^{ij}$ est le tenseur symétrique

$$A^{i,j}+2A_k A^{kij}+\frac{L^i}{\sqrt{g}}A^j+g^{ij}.$$

Moyennant quoi les conditions nécessaires et suffisantes pour que les géodésiques soient des extrémales sont

$$A^{i,}{}_h\frac{L^h}{\sqrt{g}}=\frac{\sqrt{g}}{L}u_r\left(\frac{\sqrt{g}}{L}u_s-A_s\right)(\Gamma^{\star rsi}-\Gamma^{\star isr}). \tag{1}$$

Le problème initialement posé se trouve dès lors subordonné au suivant : Trouver, à partir d'une convention de nature intrinsèque, $(n^3-n^2)/2$ équations telles que

1° jointes aux $(n^3+n^2)/2$ équations

$$\frac{\partial g^{ij}}{\partial x^l}=-\Gamma^{ij}{}_l-\Gamma^{ji}{}_l,$$

le système obtenu détermine les $n^3$ quantités $\Gamma_k{}^i{}_h$;

2° les $\Gamma_k{}^i{}_h$ vérifient les équations (1);

3° la discussion du système fasse intervenir le discriminant $|K^{ij}|$.

Une solution à la question géométrique qui vient d'être posée, et *qui établit l'existence d'une connexion euclidienne* (G — E), est donnée par la convention intrinsèque : Les composantes contrevariantes de la torsion d'un cycle dont l'élément d'appui se déplace parallèlement à lui-même sont

$$\Omega^k=-A_{i,r}\,l^r l^k l^h[dx^i dx_h].$$

*Cette connexion euclidienne intrinsèque* (G — E), *où géodésiques et extrémales coïncident, est unique.* C'est là une conséquence directe du théorème général suivant, que nous avons établi à l'aide de considérations de la *Geometry of paths : Dans un espace métrique, deux connexions euclidiennes aux mêmes lignes géodésiques sont identiques.*

En application des propriétés du tenseur symétrique $K^{ij}$, nous avons établi que :

*a.* La condition nécessaire et suffisante de *singularité totale* de l'espace est $K^{ij}=(L^iL^j)/g$.

*b.* Chaque élément de contact $(u_i)$ détermine une extrémale et une seule,

tangente au vecteur unitaire normal, sous la condition nécessaire et suffisante $|K^{ij}| \neq 0$.

La formule (1) apporte occasionnellement une contribution à un théorème de M. É. Cartan relatif à l'équivalence des intégrales multiples et l'on peut dire que : Toute intégrale multiple, pour laquelle un des discriminants $|H^{ij}|$ ou $|K^{ij}|$ est différent de zéro, ne peut admettre un groupe de transformations ponctuelles de plus de $n(n+1)/2$ paramètres.

## TOPOLOGIE PLANE. — *Structure des domaines plans et accessibilité.*

Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Pour répondre à la question vague : « Quand peut-on dire que deux domaines ouverts plans ont même forme? », nous allons attacher à tout domaine plan plusieurs espaces topologiques.

Nous supposons connues les définitions d'un point accessible (ne pas le confondre avec son support cartésien), d'un arc d'accès d'un tel point, de l'équivalence de deux arcs d'accès d'un même point cartésien; la notion de point accessible n'est d'ailleurs claire que grâce à l'introduction de l'espace $\widehat{W}$.

Soit $\Phi$ la frontière du domaine ouvert plan borné $\Delta$.

*Définition* 1. — *a.* L'espace U est identique à $\Delta$ muni de sa topologie d'ensemble ouvert cartésien.

*b.* L'espace V a pour points ceux de $\Delta$ et les points accessibles de $\Phi$; les voisinages d'un point M de V ont pour base les ensembles de points de V qu'on peut joindre à M par un arc de Jordan situé dans $\Delta$ (sauf peut-être ses extrémités), et de diamètre inférieur à un nombre donné.

*c.* L'espace W a pour points ceux de $\Delta$. On y définit une structure uniforme séparée en appelant distance de deux points M, M′ la borne inférieure des diamètres des arcs de $\Delta$ qui joignent M, M′. On peut compléter W en un espace $\widehat{W}$ univoquement défini (voir *Topologie générale* de Bourbaki). Les points de $(\widehat{W}-W)$ correspondent à ce qu'on appelle généralement points accessibles de $\Phi$.

*d.* L'espace X a pour points ceux de $\Delta$. La distance de deux points de X sera la distance euclidienne de ces points. L'espace uniforme complété $\widehat{X}$ est compact et homéomorphe à $(\Delta+\Phi)$.

Remarquons que V et $\widehat{W}$ ne sont pas en général compacts. Ils ne le sont que lorsque tout continu majeur (1) de $\Phi$ est peanien (2) et que $\Phi$ ne contient qu'un nombre fini de tels continus ayant un diamètre supérieur à une longueur donnée arbitraire.

*Définition* 2. — On dira que $\Delta_1$ et $\Delta_2$ ont même forme suivant U si les espaces $U_1$ et $U_2$ attachés à ces domaines sont homéomorphes (*idem* pour V, W, X).

(1) Continu de $\Phi$ qui n'est un vrai sous-continu d'aucun continu de $\Phi$.

(2) Image continue et univoque d'un segment.

Les quatre conditions d'isomorphie ainsi introduites sont, dans leur ordre, de plus en plus restrictives.

THÉORÈME 1. — *Il est nécessaire et suffisant, pour l'homéomorphie de* $U_1$ *et* $U_2$, *qu'il existe, entre les deux familles* $\mathcal{F}_1$ *et* $\mathcal{F}_2$ *de continus majeurs de* $\Phi_1$ *et* $\Phi_2$, *une correspondance biunivoque telle que, si une suite quelconque de continus majeurs de* $\mathcal{F}_1$ *a des points d'accumulation sur un continu majeur* $c_1$ *de* $\mathcal{F}_1$, *la suite homologue dans* $\mathcal{F}_2$ *ait des points d'accumulation sur l'homologue* $c_2$ *de* $c_1$.

Ce théorème résulte du lemme général suivant : *Sur tout ensemble fermé cartésien* F, *on peut définir une fonction de point continue, telle que l'image de* F *soit un ensemble fermé totalement discontinu* T(F) *et telle que l'image réciproque de tout point de* T(F) *soit un continu majeur* (¹) *de* F.

*Le type topologique de* T(F) *ne dépend que de* F. La condition du théorème I peut encore s'énoncer : *Identité des types topologiques de* $T(\Phi_1)$ *et* $T(\Phi_2)$.

THÉORÈME 2. — *Il est nécessaire et suffisant, pour l'homéomorphie de :*

*a.* $V_1$ *et* $V_2$, *qu'il existe une homéomorphie entre* $\Delta_1$ *et* $\Delta_2$ *qui transforme tout arc d'accès de* $\Delta_1$ *en un arc d'accès de* $\Delta_2$, *et inversement.*

*b.* $\widehat{W}_1$ *et* $\widehat{W}_2$, *qu'il existe une homéomorphie entre* $\Delta_1$ *et* $\Delta_2$, *qui transforme uniformément toute petite transversale* (³) *de* $\Delta_1$ *en une petite transversale de* $\Delta_2$, *et inversement.*

*c.* $\widehat{X}_1$ *et* $\widehat{X}_2$, *que* $\overline{\Delta_1}$ *et* $\overline{\Delta_2}$ *soient homéomorphes* (c'est évident).

Remarquons qu'une homéomorphie entre $\overline{\Delta_1}$ et $\overline{\Delta_2}$ ne s'étend pas forcément à tout le plan. Des exemples du contraire sont immédiats.

Supposons maintenant $\Delta$ simplement connexe; on peut alors définir sur les points accessibles de $\Phi$ un ordre cyclique. Supposons répartis ces points en deux ensembles $K_1$ et $K_2$ correspondant à deux arcs complémentaires du cycle d'ordre.

THÉORÈME 3. — *Le lieu des points de* $\Delta$ *qui sont centres des cercles de* $\Delta$ *dont la circonférence touche* $K_1$ *et* $K_2$ *est* (*sauf dans un cas trivial*) *un arc ouvert de Jordan ayant en tout point deux demi-tangentes et admettant comme continus d'accumulation sur* $\Phi$ *les deux ensembles principaux* (⁴) *définis par la double coupure* $(K_1, K_2)$.

*Définition* 3. — Ce lieu s'appelle courbe d'équidistance de $K_1$ et $K_2$ ou courbe $\gamma$.

*Propriétés.* — Les courbes $\gamma$ forment une famille à deux paramètres analogue à une famille de géodésiques. L'intersection de deux courbes $\gamma$ est un point ou un arc de Jordan. Deux courbes $\gamma$ ayant une même extrémité M sur $\Phi$ ont (sauf cas trivial) un arc commun d'extrémité M.

C'est la notion de *sinuosité* d'un arc qui nous permettra d'utiliser les courbes $\gamma$ ultérieurement.

(³) Arc simple de $\Delta$ ayant ses deux extrémités sur $\Phi$.

(⁴) Au sens de la représentation conforme.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les développements en série du type de Taylor.* Note de M. **Bernard Combes**, présentée par M. Paul Montel.

L'arc de courbe (C) de l'espace à $n$ dimensions $E_n$ étant défini par les relations $X_i = \varphi_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, $a \leqq x \leqq b$, soit à déterminer le domaine (D) des centres de gravité G des masses $\gtreqless 0$ réparties sur (C) suivant les densités de probabilité $f(x)$ appartenant à un ensemble donné. Appelons P le point de l'espace fonctionnel qui représente $f(x)$, $(\Sigma)$ la frontière du domaine $(\Delta)$ des points P, et (S) la frontière de (D). La correspondance entre P et, G étant linéaire, fait correspondre (S) et $(\Sigma)$; on est donc ramené à déterminer $(\Sigma)$.

Bornons-nous au cas où les conditions imposées à $f(x)$ sont des inégalités fonctionnelles linéaires; partageons l'intervalle $(a, b)$ en N intervalles égaux (1), (2), ..., (N) et remplaçons dans chaque intervalle $(i)$, $f(x)$ par sa valeur $m_i$ au milieu de l'intervalle; les conditions imposées aux fonctions $f(x)$ se traduiront par des relations linéaires

$$(1)\quad \Sigma m_i = 1, \qquad m_i \gtreqless 0, \qquad F_j(m_1, m_2, \ldots, m_N) \gtreqless 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, N;\, j = 1, 2, \ldots, p)$$

qui, si l'on regarde $m_1, m_2, \ldots, m_N$ comme des coordonnées dans l'espace $E_N$ définissent un domaine polyédrique convexe $(\Delta_N)$ qui est déterminé lorsqu'on en connaît les sommets : les coordonnées de ces derniers sont les solutions des systèmes d'équations et d'inégalités du premier degré que l'on peut former de toutes les façons possibles en remplaçant, dans les relations (1), N — 1 signes $\gtreqless$ par des signes $=$, de manière à avoir N équations indépendantes.

Lorsque N augmente indéfiniment, l'ensemble des sommets de $(\Delta_N)$ tend vers un ensemble continu ou discontinu de points que l'on appellera sommets du domaine $(\Delta)$, limite de $(\Delta_N)$ car ils jouissent relativement à $(\Delta)$ des propriétés des sommets d'un volume polyédrique convexe.

Le domaine (D) est donc le plus petit corps convexe contenant les points G qui correspondent aux sommets de $(\Delta)$.

J'appellerai fonction limite de l'ensemble considéré toute fonction dont le point représentatif est un sommet de $(\Delta)$.

Considérons une suite de conditions $F_i \gtreqless 0$ $(i = 1, 2, \ldots, n, \ldots)$ telles que l'ensemble des fonctions qui en vérifient les $m$ premières dans l'intervalle $(a, b)$ admette pour fonctions limites les fonctions $y_m(x, t)$ dépendant du paramètre $t$ qui peut varier de $t_0$ à $t_1$ et les fonctions $u_1(x), u_2(x), \ldots, u_{\alpha_m}(x)$.

Le domaine (D) correspondant est le plus petit volume convexe contenant les centres de gravité $g_k$ correspondant aux fonctions limites $u_k(x)$ et l'arc de courbe $(C_m)$ lieu des centres de gravité $g'_t$ correspondant aux fonctions limites $y_m(x, t)$.

On a donc

$$G = \mu_1 g_1 + \mu_2 g_2 + \ldots + \mu_{\alpha_m} g_{\alpha_m} + \int_{t_0}^{t_1} g'_t \, d\mathrm{M}(t), \tag{2}$$

les nombres $\mu \geqq 0$ et la fonction non décroissante $\mathrm{M}(t)$ qui dépendent de l'arc (C) étant tels que

$$\sum_{k=1}^{\alpha_m} \mu_k + \mathrm{M}(t_1) - \mathrm{M}(t_0) = 1.$$

On en déduit les résultats suivants :

1° Les nombres $m$ et $n$ étant donnés, si l'on partage $(a, b)$ en $n$ intervalles égaux (1), (2), ..., ($n$), on peut trouver des nombres $\mu_k^{(n)}$ et $\rho_m^{(n)} \geqq 0$, de somme égale à 1, tels que l'intégrale de la fonction

$$g_i(x) = f(x) - \mu_1^{(n)} u_1(x) - \mu_2^{(n)} u_2(x) - \ldots - \mu_{\alpha_m}^{(n)} u_{\alpha_m}(x) - \rho_m^{(n)} y_m(x, \theta_i)$$

prise dans l'intervalle ($i$) soit nulle, $\theta_i$ étant un nombre de l'intervalle $(t_0, t_1)$ dépendant de $i$.

2° Si les fonctions $f(x)$ sont continues et si les fonctions $y_m(x, t)$ sont continues par rapport à l'ensemble des variables $x$ et $t$ dans le domaine $a' \leqq x \leqq b'$, $t_0 \leqq t \leqq t_1$, $m$ étant donné, on a, dans l'intervalle $(a', b')$,

$$f(x) = \mu_1 u_1(x) + \mu_2 u_2(x) + \ldots + \mu_{\alpha_m} u_{\alpha_m}(x) + \int_{t_0}^{t_1} y_m(x, t) \, d\mathrm{M}(t) \tag{3}$$

les nombres $\mu \geqq 0$ et la fonction non décroissante $\mathrm{M}(t)$ qui dépendent de $m$ étant tels que

$$\sum_{k=1}^{\alpha_m} \mu_k + \mathrm{M}(t_1) - \mathrm{M}(t_0) = 1.$$

Si donc $y_m(x, t)$ tend uniformément vers zéro lorsque $m$ augmente indéfiniment, $f(x)$ est la limite de $\sum_{k=1}^{\alpha_m} \mu_k u_k(x)$.

3° Si, dans les hypothèses précédentes, le plus petit volume contenant l'arc $(\gamma_{m-1})$, lieu des points représentatifs des fonctions $y_{m-1}(x, t)$ contient, quel que soit $m$, les points représentatifs des fonctions $u_{\alpha_{m-1}+1}(x), \ldots, u_{\alpha_m}(x)$ et l'arc $(\gamma_m)$, on peut écrire la relation (3) avec des coefficients $\mu_k$ indépendants de $m$; si $y_m(x, t)$ tend uniformément vers zéro lorsque $m$ augmente indéfiniment, $f(x)$ est représentable par la série uniformément convergente $\Sigma \mu_k u_k(x)$.

*Exemple.* — Si

$$\mathrm{F}_i \equiv \lim_{h=0} \left( \frac{1}{h^{i+1}} \Delta^{i+1} f \right)$$

$\Delta^p$ étant la différence $p^{\text{ième}}$ correspondant aux accroissements $h$ de $x$, on a les

fonctions limites

$$u_k(x) = \frac{k}{(b-a)^k}(x-a)^{k-1} \qquad (k = 1, 2, \ldots, m)$$

et

$$y_m(x, t) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leqq t, \\ \dfrac{m+1}{(b-t)^{m-1}}(x-t)^m & \text{si } x \geqq t \quad \text{avec } t \gtreqless a. \end{cases}$$

On vérifie que l'on se trouve dans les conditions du 3° lorsque $x$ varie dans un intervalle quelconque intérieur à $(a, b)$; la formule (3) n'est autre alors que la formule de Taylor, ce qui justifie pour les séries $\Sigma \mu_k u_k(x)$ visées au 3°, l'appellation de séries du type de Taylor. On peut dire aussi que la suite des fonctions $u_k(x)$ constitue une suite convexe complète : une telle suite conserve sa qualité dans une transformation linéaire de l'espace fonctionnel.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'oscillation transversale d'un jet liquide.* Note (1) de MM. **Guy Littaye** et **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Henri Villat.

Lorsque la vitesse d'un jet liquide augmente, trois régimes de résolution en gouttes apparaissent successivement. A la résolution capillaire de la veine succède l'oscillation transversale du jet, laquelle fait place ensuite à la pulvérisation. Dans le régime oscillant, le jet, issu d'un ajutage soigneusement soustrait à toute vibration (2), apparaît comme plissé sur une photographie instantanée; il effectue des oscillations transversales d'amplitude plus ou moins grande.

Weber (3) explique le phénomène par l'action de l'air sur le jet. Il montre que cette action doit amplifier une déformation accidentelle jusqu'à provoquer la rupture de la veine liquide, ceci étant vrai d'ailleurs que la déformation présente une symétrie de révolution (résolution capillaire) ou non (oscillation transversale). Mais dans ce dernier cas l'amplification ne se produit que pour des vitesses supérieures à une certaine limite V′ dépendant du diamètre de l'orifice et de la nature du liquide. Weber détermine quelle doit être la longueur $l$ de la partie continue du jet en fonction de la vitesse; il obtient pour

(1) Séance du 15 février 1943.

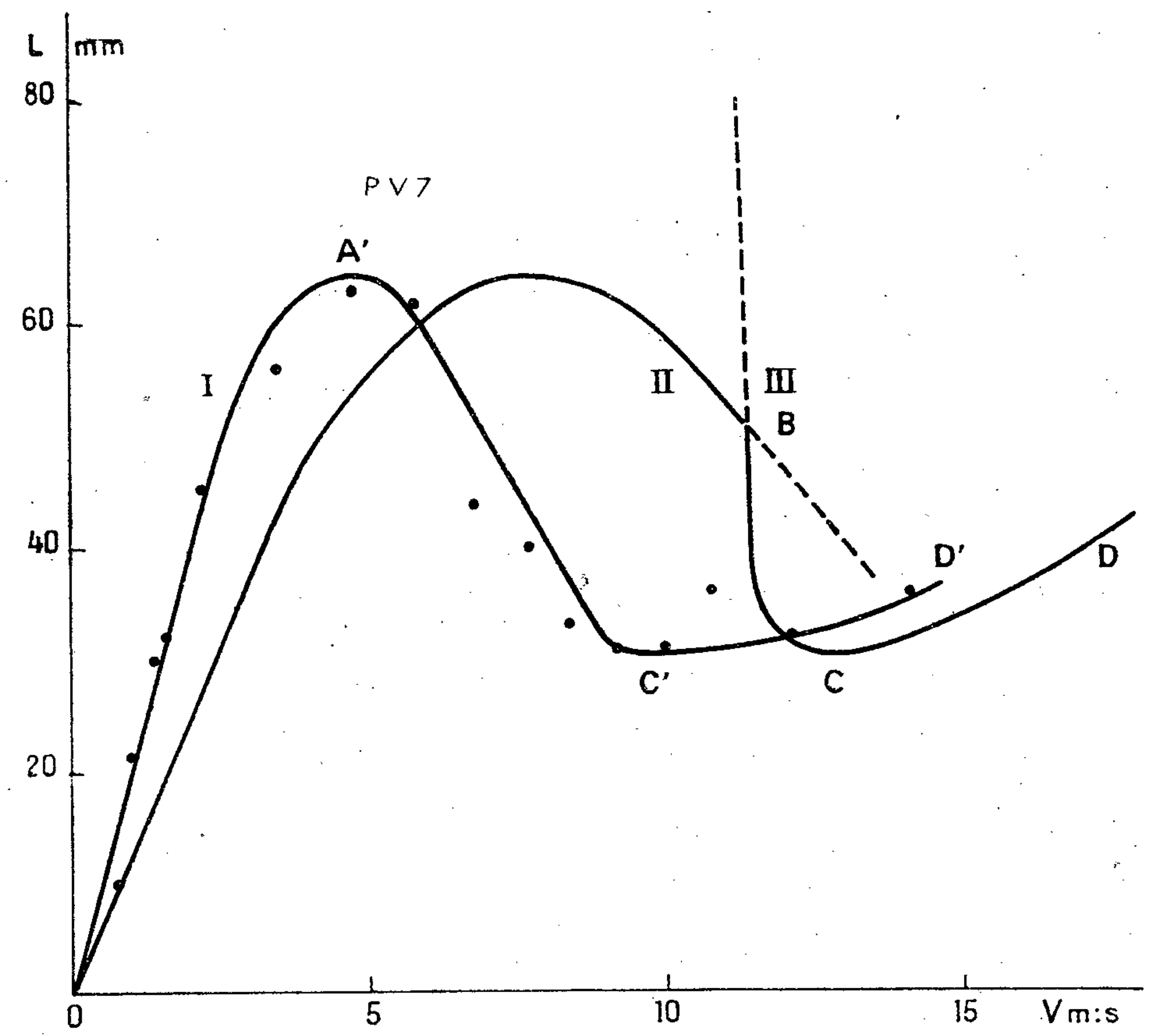
(2) Il ne faut pas confondre ce phénomène avec l'oscillation d'un jet issu d'un orifice animé d'une vibration transversale. Celle-ci s'explique aisément : les diverses particules liquides suivent alors des trajectoires différentes suivant le moment où elles ont quitté l'orifice ce qui donne au jet son aspect caractéristique. Moyennant quelques précautions, nous avons pu éviter dans ce cas la résolution prématurée du jet et obtenir ainsi une veine continue de plusieurs décimètres de longueur, présentant cinq ou six ondes successives.

(3) *Zeits f. Ang. Math. und Mech.*, **11**, 1931, p. 136.

les régimes de résolution capillaire et d'oscillation, respectivement

$$l_2 = k_2 f_2(V) \quad \text{et} \quad l_3 = k_3 f_3(V),$$

$k_2$ et $k_3$ désignent des facteurs constants inconnus. A partir des résultats théoriques obtenus par Weber, nous avons tracé ci-dessous les courbes représentant la variation de $l_2$ et de $l_3$ en fonction de V pour l'eau et un orifice de diamètre $0^{mm},44$, avec des valeurs de $k_2$ et $k_3$ arbitrairement choisies. Toute la théorie de Weber suppose qu'il se produit la déformation entraînant la




Longueur de la veine liquide en fonction de la vitesse du jet.
I, courbe expérimentale; II, régime de résolution capillaire; III, régime oscillant d'après Weber.

résolution la plus rapide du jet, à laquelle correspond la longueur minima de la veine. Pour les valeurs de la vitesse inférieure à V′ la résolution capillaire doit seule se produire; pour les valeurs supérieures à cette limite, l'oscillation transversale ne se produit que si une partie de la courbe III se trouve en dessous de la courbe II comme nous l'avons supposé pour tracer la figure ci-dessus.

Les recherches de Haenleïn ([4]), par lesquelles cet auteur pensait avoir vérifié la théorie de Weber, prêtant à de sérieuses objections, nous avons étudié la résolution d'un jet d'eau issu d'un ajutage de diamètre $0^{mm},44$. Les résultats obtenus sont représentés par la courbe I ([5]). La branche OA′ repré-

([4]) *Forsch. auf dem. Geb. des Ing. Wesens*, **2**, 1931, p. 139.

([5]) Pour une même vitesse du jet, la longueur de la partie continue de la veine varie sans cesse dans d'assez larges limites. Pour sa valeur nous avons adopté dans chaque cas la moyenne des longueurs obtenues sur quatre photographies instantanées du jet.

sente la résolution capillaire du jet; les branches A′C′ et C′D′ correspondent à l'oscillation transversale ainsi que le montre l'examen de toutes nos photographies. Nous n'avons donc pas observé un régime où la résolution capillaire du jet serait favorisée, par l'action de l'air (régime qui serait représenté par la branche AB dans les courbes de Weber).

On peut voir que le régime oscillant s'établit pour une vitesse beaucoup plus faible que celle prévue par Weber. D'autre part nos photographies montrent que l'oscillation s'amortit souvent avant d'avoir entraîné la résolution du jet, ce qui est contraire à l'hypothèse fondamentale de Weber. Enfin l'un de nous [6] a déjà observé qu'un jet issu d'un orifice en paroi mince ne présente d'oscillation transversale à aucune vitesse. Il semble bien que ces observations infirment la théorie de Weber et que l'explication de l'oscillation transversale du jet soit encore à trouver.

HYDRAULIQUE. — *Canal d'amenée recueillant successivement les eaux de quatre lacs*. Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Les sections $f$, les longueurs L et les vitesses W relatives aux divers canaux en charge constituant le système complexe considéré, sont indiquées sur la figure : les niveaux statiques sont à la même cote dans les quatre lacs. Dans la chambre d'équilibre, de section horizontale F, placée en B, le niveau est à la cote Z, au-dessus du niveau statique, à l'instant $t$, et possède une vitesse ascensionnelle V; les pressions en hauteur d'eau, au-dessus de la charge statique normale, en $A_1$, $A_2$ et $A_3$, sont $Z_1$, $Z_2$, $Z_3$. Q désignant le débit absorbé par les turbines à l'instant $t$, on a, pour déterminer les douze fonctions inconnues $W_1$, $W'_1$, $W_2$, $W'_2$, $W_3$, $W'_3$, W, V, $Z_1$, $Z_2$, $Z_3$, Z, les douze équations

$$\frac{L_1}{g}\frac{dW_1}{dt}+Z_1=0,\qquad \frac{L'_1}{g}\frac{dW'_1}{dt}+Z_1=0,\qquad \frac{L_2}{g}\frac{dW_2}{dt}+Z_2-Z_1=0,$$

$$\frac{L'_2}{g}\frac{dW'_2}{dt}+Z_2=0,\qquad \frac{L_3}{g}\frac{dW_3}{dt}+Z_3-Z_2=0,$$

$$\frac{L'_3}{g}\frac{dW'_3}{dt}+Z_3=0,\qquad \frac{L}{g}\frac{dW}{dt}+Z-Z_3=0,\qquad f_1W_1+f'_1W'_1=f_2W_2,$$

$$f_2W_2+f'_2W'_2=f_3W_3,\qquad f_3W_3+f'_3W'_3=fW,\qquad fW=FV+Q,\qquad V=\frac{dZ}{dt}.$$

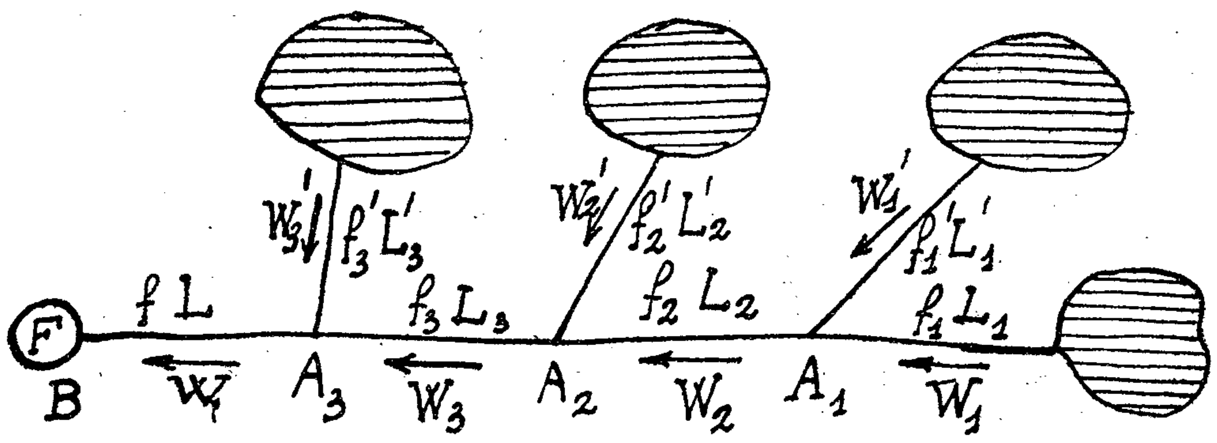
Faisons l'étude du cas le plus important, au point de vue technique, celui

---

[6] Littaye, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 788.

[1] Séance du 22 février 1943.

de la fermeture complète instantanée des turbines, à partir du débit




maximum $Q_0$, absorbé par l'installation : le terme Q devient nul dans le système ci-dessus qui peut être résolu sans difficulté.

En posant

$$\frac{1}{\omega}=\sqrt{\frac{F}{g}\left\{\frac{L}{f}+\cfrac{1}{\cfrac{f'_3}{L'_3}+\cfrac{1}{\cfrac{L_3}{f_3}+\cfrac{1}{\cfrac{f'_2}{L'_2}+\cfrac{1}{\cfrac{L_2}{f_2}+\cfrac{1}{\cfrac{f'_1}{L'_1}+\cfrac{f_1}{L_1}}}}}}\right\}},\tag{1}$$

on obtient finalement la relation

$$\frac{d^2Z}{dt^2}+\omega^2 Z=0.$$

Le niveau effectue des oscillations sinusoïdales, de période $T=(2\pi/\omega)$ et l'on a, compte tenu des valeurs initiales $W_{10}$, $W'_{10}$, ..., $W'_{30}$, des vitesses dans les canaux d'amenée, liées d'ailleurs par les conditions de continuité

$$f_1 W_{10}+f'_1 W'_{10}=f_2 W_{20},\qquad f_2 W_{20}+f'_2 W'_{20}=f_3 W_{30},\qquad f_3 W_{30}+f'_3 W'_{30}=f W_0=Q_0,$$

les résultats suivants :

$$Z=\frac{Q_0}{F\omega}\sin\omega t,\qquad W=\frac{Q_0}{f}\cos\omega t,\qquad V=\frac{Q_0}{F}\cos\omega t,$$

$$W_1=W_{10}-\frac{Q_0}{KL_1}(1-\cos\omega t),\qquad W'_1=W'_{10}-\frac{Q_0}{KL'_1}(1-\cos\omega t),$$

$$W_2=W_{20}-\frac{Q_0}{Kf_2}\left(\frac{f_1}{L_1}+\frac{f'_1}{L'_1}\right)(1-\cos\omega t),$$

$$W'_2=W'_{20}-\frac{Q_0}{KL'_2}\left[1+\frac{L_2}{f_2}\left(\frac{f_1}{L_1}+\frac{f'_1}{L'_1}\right)\right](1-\cos\omega t),$$

$$W_3=W_{30}-\frac{Q_0}{K}\frac{f'_2}{f_3 L'_2}\left[1+\left(\frac{f_1}{L_1}+\frac{f'_1}{L'_1}\right)\left(\frac{L_2}{f_2}+\frac{L'_2}{f'_2}\right)\right](1-\cos\omega t),$$

$$W'_3=W'_{30}-\frac{Q_0}{KL'_3}\left[1+\frac{f'_2 L_3}{f_3 L'_2}+\left(\frac{f_1}{L_1}+\frac{f'_1}{L'_1}\right)\left(\frac{L_2}{f_2}+\frac{L_3}{f_3}+\frac{f'_2 L_2 L_3}{f_2 f_3 L'_2}\right)\right](1-\cos\omega t),$$

$$Z_1=\frac{Q_0\omega}{gK}\sin\omega t,\qquad Z_2=\frac{Q_0 L_2\omega}{gL'_2 K}\left[1+\frac{L_2}{f_2}\left(\frac{f_1}{L_1}+\frac{f'_1}{L'_1}\right)\right]\sin\omega t,$$

$$Z_3=\frac{Q_0 L_3\omega}{gL'_3 K}\left[1+\frac{f'_2 L_3}{f_3 L'_2}+\left(\frac{f_1}{L_1}+\frac{f'_1}{L'_1}\right)\left(\frac{L_2}{f_2}+\frac{L_3}{f_3}+\frac{f'_2 L_2 L_3}{f_2 f_3 L'_2}\right)\right]\sin\omega t,$$

en posant

$$K = \frac{f'_2}{L'_2} + \frac{f'_3}{L'_3} + \left(\frac{f_1}{L_1} + \frac{f'_1}{L'_1}\right)\left(1 + \frac{f'_2 L_2}{f_2 L'_2} + \frac{f'_3 L_2}{f_2 L'_3} + \frac{f'_3 L_3}{f_3 L'_3} + \frac{f'_2 f'_3 L_2 L_3}{f_2 f_3 L'_2 L'_3}\right) + \frac{f'_2 f'_3 L_3}{f_3 L'_2 L'_3}.$$

Le problème étant ainsi entièrement résolu, il résulte des calculs précédents et, en particulier, de l'expression (1) de la pulsation $\omega$, que l'ensemble complexe des ouvrages d'amenée est équivalent, au point de vue des oscillations dans la chambre d'équilibre, à un canal unique, de section *arbitraire* $f'$ de longueur $L'$ donnée par

$$\frac{L'}{f'} = \frac{L}{f} + \cfrac{1}{\cfrac{f'_3}{L'_3} + \cfrac{1}{\cfrac{L_3}{f_3} + \cfrac{1}{\cfrac{f'_2}{L'_2} + \cfrac{1}{\cfrac{L_2}{f_2} + \cfrac{1}{\cfrac{f'_1}{L'_1} + \cfrac{f_1}{L_1}}}}}}.$$

RELATIVITÉ. — *Sur le choc de deux particules relativistes.* Note (1) de M. **René Dugas.**

1. Considérons deux particules de masses $m$ et $m'$ variables respectivement avec leurs vitesses $v$ et $v'$ suivant la loi de la relativité restreinte.

Pour calculer l'effet d'un choc mutuel de ces deux particules, il est toujours possible de choisir un repère où le centre des masses *actuelles* des deux particules demeure immobile au cours du choc, ceci en vertu de la conservation de la quantité de mouvement totale. En outre, il est loisible de substituer, à la recherche des vitesses, celle des masses après le choc.

Soient, dans un tel repère, $m_1$ et $v_1$ la masse et la vitesse avant le choc de l'une des particules, $m_2$ et $v_2$ les quantités analogues après le choc; $m'_1$, $v'_1$, $m'_2$, $v'_2$ les quantités correspondantes pour l'autre particule. Nous écrirons :

$$\text{(A)} \qquad \left\{\begin{aligned} & m_1 v_1 + m'_1 v'_1 = 0, \\ & m_2 v_2 + m'_2 v'_2 = 0, \\ & \alpha(m_1 + m'_1) = m_2 + m'_2. \end{aligned}\right.$$

La dernière équation exprime la conservation de l'énergie, à un coefficient positif $\alpha < 1$ près.

Exprimant alors les vitesses $v$ et $v'$ de chaque particule en fonction des masses $m$ et $m'$ respectivement

$$v = \frac{c}{m}\sqrt{m^2 - m_0^2}, \qquad v' = \frac{c}{m'}\sqrt{m'^2 - m_0'^2},$$

la seconde équation (A) se réduit à

$$m_2^2 - m_2'^2 = m_0^2 - m_0'^2.$$

(1) Séance du 25 janvier 1943.

Compte tenu de la troisième équation (A), nous obtenons immédiatement l'expression des masses $m_2$ et $m'_2$ après le choc sous la forme particulièrement simple

$$\text{(B)}\quad \begin{cases} 2m_2 = \alpha(m_1 + m'_1) + \dfrac{m_0 + m'_0}{\alpha(m_1 + m'_1)}(m_0 - m'_0), \\ 2m'_2 = \alpha(m_1 + m'_1) + \dfrac{m_0 + m'_0}{\alpha(m_1 + m'_1)}(m'_0 - m_0). \end{cases}$$

Le choc est élastique si $\alpha = 1$. Si le choc est parfaitement mou, $\alpha$ se réduit à sa plus petite valeur possible : $\alpha = m_0 + m'_0/m_1 + m'_1$. Dans ce dernier cas, en revenant de la masse à l'énergie dans la dernière équation (A), on constate que la perte d'énergie est égale à la somme des énergies cinétiques dues aux vitesses perdues, résultat qui généralise l'énoncé classique de Carnot.

2. Le calcul précédent constitue l'extension la plus naturelle de la théorie classique du choc, mais il ne retient de la relativité restreinte que la seule variation de la masse avec la vitesse, sans respecter (en dehors du cas élastique) la solidarité entre quantité de mouvement et énergie. Cette solidarité s'exprime, dans la théorie relativiste complète, par l'existence d'un quadrivecteur d'impulsion $\vec{J}\left(m\vec{v}, (i/c)E\right)$ pour toute particule. Au cours d'un choc entre deux particules il y a, *contrairement à l'axiomatique classique*, conservation dans tous les cas de l'impulsion totale du système. Si le choc est parfaitement mou, les équations (A) ci-dessus

$$v_2 = v'_2 = 0, \qquad \alpha(m_1 + m'_1) = m_0 + m'_0,$$

sans être contradictoires *en soi*, sont incompatibles avec la théorie relativiste complète. Dans celle-ci, la nullité de $v_2$ et de $v'_2$ oblige à admettre, avec Becker [2], que la masse au repos $M_0$ de l'ensemble des deux particules unies après le choc diffère de la somme des masses au repos individuelles des particules avant le choc :

$$M_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} + \frac{m'_0}{\sqrt{1 - \frac{v_1'^2}{c^2}}}.$$

En bref, seul le cas élastique est un point de convergence entre une extension de la théorie classique du choc et la théorie relativiste complète. Il reste que pour $\alpha = 1$ les relations (B) peuvent présenter quelque intérêt, en raison de leur simplicité formelle, pour caractériser l'état des particules après le choc.

---

[2] *Théorie des Électrons*, traduction française, Paris, 1938, p. 386.

PHYSIQUE. — *Sur les systèmes d'équations auxquels conduit la méthode de la* moindre imprécision. Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré [2], [3], [4] comment *la moindre imprécision* permettait de résoudre le problème de la plus sûre détermination des éléments expérimentaux. Le calcul se ramenait à une question d'analyse indéterminée dont nous avons pu indiquer, en passant, la solution, dans les cas les plus simples (paramètres linéaires, inconnues liées par une ou deux équations linéaires seulement). La recherche des valeurs régularisées, ou l'étude de la formulation dans le cas général, conduit à des systèmes de trois équations au moins, dont la solution est beaucoup plus difficile, parce que le problème devient très complexe, et que *l'intuition*, cette fois, fait complètement défaut.

1. Il est cependant un cas où la question reste assez simple, bien que les paramètres ne figurent pas linéairement dans la formule représentative : c'est celui où elle se réduit à une fonction d'expression linéaire $f(Ax+B)$. Soit Y cette expression linéaire, qui peut s'écrire $\varphi(y)$, $\varphi$ étant la fonction inverse de $f$. On peut relier les paramètres A et B aux $Y_i$ par les formules déjà signalées [2] ($2N+1$ ordonnées, par exemple)

$$(1)\quad \begin{cases} A = a_1 Y_1 + a_2 Y_2 + \ldots + a_N Y_N - a_N Y_{N+2} - \ldots - a_2 Y_{2N} - a_1 Y_{2N+1}, \\ B = b_1 Y_1 + b_2 Y_2 + \ldots + b_N Y_N + b_{N+1} Y_{N+1} + b_N Y_{N+2} + \ldots + b_2 Y_{2N} + b_1 Y_{2N+1}. \end{cases}$$

La variation $\delta A$, par exemple, se calcule immédiatement à partir des $\delta y_i$, en passant par les $\delta Y_i (\delta y_i = f'_i\, \delta Y_i)$. La suite des coefficients de $\delta y_i$ est $a_1 : f'_1$, $a_2 : f'_2$, ..., $a_2 : f'_{2N}$, $a_1 : f'_{2N+1}$. Les $a_i$ sont liés d'autre part par l'équation linéaire unique déjà vue

$$(2)\qquad 2N a_1 + 2(N-1) a_2 + \ldots + 4 a_{N-1} + 2 a_N = -1.$$

Si l'on cherche indépendamment la meilleure détermination de chacun des paramètres [2], on doit rendre minimum en valeur absolue les coefficients de $\delta y_i$; et comme chacun des $a_i$ figure dans deux coefficients, $a_i : f'_i$, $a_i : f'_{2N+2-i}$, on réalisera le minimum cherché en considérant, pour chaque valeur de $i$, le plus grand en valeur absolue de ces deux quotients, et en les posant pour égaux entre eux. L'équation (2) détermine alors complètement les $a_i$. On opère de même pour les $b_i$.

Si l'on cherche la meilleure détermination de la courbe [3] $y$ dans son ensemble, on différencie $y$ par rapport à A et B, et l'on substitue à $\delta A$ et $\delta B$

---

[1] Séance du 4 janvier 1943.

[2] *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 568.

[3] *Ibid.*, 216, 1943, p. 33.

[4] *Ibid.*, 216, 1943, p. 148.

leurs expressions en fonction des $\delta y_i$ tirées de (1). On obtient ainsi l'expression de $\delta y$ en fonction des $\delta y_i$, les coefficients étant les binomes $(ax+b)$. On est ramené au problème traité ([3]). En apparence on est revenu, par anamorphose, à une expression linéaire; mais le fait de procéder ainsi, ici, ne justifierait pas l'emploi de l'anamorphose pour passer, en tirant une droite, au mieux, à travers les points expérimentaux transformés; car, ici, les coefficients $a_i$ et $b_i$ ont été déterminés effectivement d'après les $y_i$, tandis que, dans l'anamorphose graphique, on ne s'occuperait que des $Y_i$, dont la disposition sur le graphique est toute différente de celle des $y_i$.

2. La solution des équations isolées, ou des systèmes de deux équations, que nous avons rencontrées, était à peu près *évidente*; toutefois, dans le cas de la meilleure détermination ([3]) d'une expression linéaire considérée dans son ensemble (groupe de coefficients tous égaux à M, groupe de coefficients tous égaux à —M, coefficient ayant une valeur intermédiaire R), il n'était pas évident (mais les tâtonnements systématiques l'ont confirmé) que la valeur R ne devait être prise que par un coefficient unique.

Dans le cas des systèmes de trois équations rencontrés ([2]), ([4]), la solution a été cherchée par *analogie*. Il fallait que les inconnues eussent des valeurs, soit positives, soit négatives : les plus petites valeurs absolues, *a priori*, devaient être réalisées si elles étaient égales. Cette valeur absolue était une inconnue; comme il y avait deux autres équations de condition, on avait l'idée de considérer deux autres groupes de termes ayant chacun une valeur commune intermédiaire. En sorte qu'un premier groupe d'inconnues aurait la valeur P, un deuxième groupe la valeur quelconque Q, un troisième, la valeur —P, et le quatrième la valeur quelconque R. Le groupe (—P) peut d'ailleurs manquer. La contenance de chacun des groupes est déterminée par la condition que $|Q|$ et $|R|$ soient inférieurs à $|P|$, ou voisins de $|P|$, et que $|P|$ soit aussi réduit que possible (en fait, les tâtonnements méthodiques se sont révélés au moins aussi simples).

Nous avons étudié numériquement, dans le cas de 9 et dans le cas de 11 inconnues, le système

$$\sum_{-N}^{N} a_i = 0, \qquad \sum_{-N}^{N} i a_i = 0, \qquad \sum_{-N}^{N} i^2 a_i = N^2;$$

avec 9 inconnues, les deux premières sont égales à $P = 88:259$, la 3^e^ vaut $Q = -32:259$, les 4^e^, 5^e^, 6^e^ et 7^e^ valent —P, les deux dernières valent $R = 104:259 = 0,401\ldots$

avec 11 inconnues, les deux premières valent $P = 525:1636 = 0,3209\ldots$, la 3^e^ vaut $Q = 225:1636$, les 4^e^, 5^e^, 6^e^, 7^e^ et 8^e^ valent —P, les trois dernières valent $R = 450:1636$.

L'étude du système

$$\sum a_i = 1, \qquad \sum i a_i = N, \qquad \sum i^2 a_i = N^2,$$

pour les valeurs entières de $i$ allant de — N à + N, ou pour les valeurs impaires de $i$ allant aussi de — N à + N, système que l'on rencontre (²) dans le calcul d'une ordonnée régularisée au moyen de celles qui la suivent, a été plus complète. La plus grande valeur des inconnues est une fonction irrégulière de leur nombre, comme le montre le tableau ci-dessous

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 inconnues... | 1,00000 | 8 inconnues... | 0,47917 | 12 inconnues... | 0,34000 |
| 4 » ... | 1,00000 | 9 » ... | 0,44827 | 13 » ... | 0,29762 |
| 5 » ... | 0,66667 | 10 » ... | 0,39333 | 14 » ... | 0,29551 |
| 6 » ... | 0,55555 | 11 » ... | 0,35353 | 15 » ... | 0,20513 |
| 7 » ... | 0,53125 | | | | |

La *régularisation* d'une ordonnée par les ordonnées qui la suivent est, d'après cela, particulièrement intéressante dans le cas de 15 ordonnées. Voici les formules pour 9, 10, 15 ordonnées :

$$29(y_1) = 13(y_1 + y_2 + y_3) + 2(y_4 + y_5) - 13(y_6 + y_7) + 6(y_8 + y_9),$$

$$3(y_1) = 1,18(y_1 + y_2 + y_3) + 0,78(y_4 + y_5) - 1,18(y_6 + y_7 + y_8) + 0,72(y_9 + y_{10},$$

$$624(y_1) = 128(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7) - 41(y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13}) - 13(y_{14} + y_{15}).$$

Dans cette dernière formule, l'influence individuelle des ordonnées prépondérantes est divisée par 5.

SPECTROSCOPIE. — *Absorption ultraviolette des solutions d'acide ascorbique. Vérification de la loi de Beer.* Note (¹) de Mlle **Sylvanie Guinand**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré (²) que la loi de Beer était vérifiée pour des concentrations variant de $10^{-6}$ à $10^{-4}$ g/cm³. Les mesures avaient été faites avec la cuve de Baly permettant d'obtenir des épaisseurs de 10 à $0^{cm},001$. La loi de Beer ne semblait pas vérifiée pour les solutions de concentration $10^{-3}$ g/cm³ sous $0^{cm},01$ en raison de l'imprécision des mesures d'épaisseur.

Nous avons repris ces mesures grâce à la cuve spéciale de M. Vodar et de Mlle Délivré (³). Cette cuve, composée de deux lames de quartz, forme coin et permet par un jeu de cales d'obtenir des épaisseurs de $400^{\mu}$ environ à $0^{\mu},1$.

J'ai, au préalable, étalonné les cales dont je me suis servie, par la méthode interférentielle du coin d'air. Lorsque l'on opère avec des épaisseurs de 400 à $90^{\mu}$, les mesures sont reproductibles et les cales étalonnées une fois pour toutes. Pour des cales d'épaisseurs plus faibles, il est nécessaire de tracer, à

(¹) Séance du 22 février 1943.

(²) S. Guinand et B. Vodar, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 526.

(³) Mlle Délivré, *Dipl. d'Études supérieures*, Paris, 1942; B. Vodar, *Soc. Franç. de Phys.*, 19 février 1943.

chaque expérience, la courbe d'étalonnage de l'épaisseur en fonction de la distance à l'arête. De 90 à 5$^\mu$, cette courbe est rigoureusement une droite, tandis que pour des cales d'épaisseur inférieure à 5$^\mu$ elle s'en écarte sensiblement.

Ces mesures sont faites sur la solution elle-même en tenant compte de l'indice de réfraction de la solution pour la radiation monochromatique utilisée.

Les solutions, préparées selon la technique habituelle, sont ramenées à un pH variant de 6 à 10, au moyen de NaOH, le coefficient d'absorption étant indépendant du pH dans cet intervalle. Les épaisseurs que j'ai utilisées vont de 100$^\mu$ à 0$^\mu$,2.

Les valeurs des coefficients d'extinction $\varepsilon$ [$\varepsilon = (1/Cl) \log(I/I_0)$, $l$ en cm, C en g/cm$^3$] en fonction de la concentration sont résumées dans le tableau suivant [4] :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| C g/cm$^3$..... | $10^{-3}$ | $10^{-2}$ | $10^{-1}$ | $2.10^{-1}$ | $2,83.10^{-1}$ |
| C mol/l..... | 0,0056 | 0,056 | 0,56 | 1,12 | 1,61 |
| $\varepsilon.10^{-5}$....... | 78 | 80,4 | 78 | 77 | 132 |

Nous voyons que la loi de Beer est vérifiée jusqu'à la concentration $2.10^{-1}$; elle ne l'est plus pour la concentration $2,83.10^{-1}$ g/cm$^3$ qui correspond à la limite de solubilité de l'acide ascorbique en solution dans l'eau (30 % environ). Nous pouvons donc admettre que l'absorption est indépendante de la concentration pour des solutions dont la concentration varie de $10^{-6}$ à $2.10^{-1}$ g/cm$^3$.

Cette validité de la loi de Beer indique que l'ion chromophore est dissimulé et à l'abri des influences du solvant. De plus, elle permet de doser sûrement l'acide ascorbique par la méthode spectrophotométrique.

SPECTROGRAPHIE. — *Étude expérimentale de l'hétérogénéité d'un alliage par les méthodes d'analyse spectrochimique quantitative.* Note de M. **Robert Girschig**, présentée par M. Léon Guillet.

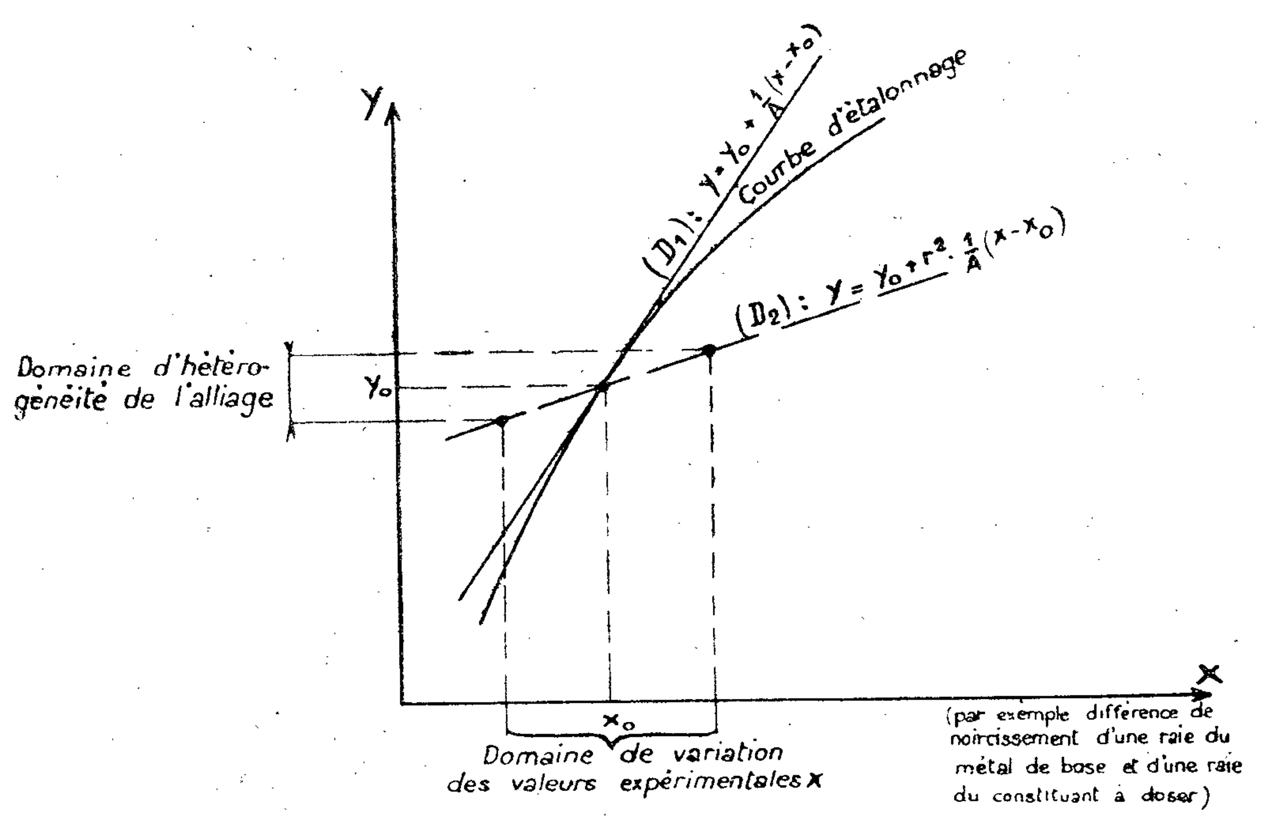
Les méthodes d'analyse spectrochimique quantitative ne nécessitant que des prélèvements de très faible volume, ce procédé peut être utilisé pour étudier l'hétérogénéité chimique d'un alliage, sous réserve que les différences des concentrations locales $y^i$ à mettre en évidence ne soient pas très inférieures à la dispersion propre de la méthode d'analyse, comme je me propose de le préciser dans cette Note.

Je supposerai essentiellement : 1° que l'échantillon à analyser est macroscopiquement homogène, c'est-à-dire que la teneur moyenne $y_0$ à l'intérieur d'une sphère de centre A, dont le volume est très supérieur au prélèvement nécessaire pour chaque analyse, est indépendante des coordonnées du point A; 2° que la distribution des valeurs des concentrations locales $y^i$ peut être représentée par

---

(4) Les valeurs de $\varepsilon$ sont inférieures à celles que nous avions trouvées précédemment (2), l'échantillon utilisé datant de deux ans.

une loi de Gauss de valeur centrale $y_0$ et d'écart type $\sigma_y$. Le dosage s'effectue en mesurant, sur le spectrogramme de l'échantillon à analyser, une grandeur $x$ reliée à la concentration $y$ par une *courbe d'étalonnage* déterminée expérimentalement, et répondant à une équation de la forme $x = f(y, z^1, \ldots, z^i)$. Cette fonction fait intervenir, d'une façon d'ailleurs inconnue, une série de facteurs [1] expérimentaux $z^1, \ldots, z^i$ qu'on s'efforce de maintenir pratiquement constants. Dans un assez faible domaine de variation de la concentration $y$, on peut considérer les $z^i$ comme indépendants des valeurs de $y$ et écrire : $x = x_0 + (y - y_0)\frac{\partial f_0}{\partial y} + \sum (z^i - z^i_0)\frac{\partial f_0}{\partial z^i}$. On peut admettre que la quantité $z = \sum_i (z^i - z^i_0)\frac{\partial f_0}{\partial z^i}$ est une variable aléatoire d'espérance mathématique nulle obéissant à une loi de Gauss d'écart type $\sigma_z$. En posant $X = x - x_0$, $Y = y - y_0$, on pourra écrire $X = Y\frac{\partial f_0}{\partial y} + Z = A.Y + Z$. La quantité X apparaît alors comme une aléatoire d'écart type $\sigma_x^2 = A^2.\sigma_Y^2 + \sigma_z^2$. En choisissant une substance parfaitement homogène, on peut atteindre expérimentalement la valeur $\sigma_z$ qui caractérise la dispersion propre à la méthode d'analyse




spectrochimique. Les variables X et Y sont en corrélation positive. Le coefficient de corrélation a pour valeur, $r^2 = \frac{A^2.\sigma_Y^2}{\sigma_x^2}$. La droite ($D_1$) de régression de $x$ en $y$ est confondue avec la tangente au point $x_0 y_0$ de la courbe d'étalonnage. La droite de régression ($D_2$) de $y$ en $x$ a pour équation

$$E(y) = y_0 + \frac{r^2}{A}(x - x_0).$$

---

[1] Parmi lesquels on peut citer les conditions d'excitation du spectre, la forme et l'état de surface des électrodes, les caractéristiques de la plaque photographique, les erreurs de photométrie.

La détermination expérimentale de cette droite est capitale, car c'est par son intermédiaire que l'on peut relier le domaine de variation des valeurs expérimentales de la variable $x$ à l'hétérogénéité de l'alliage étudié : la composition la plus probable correspondant à une valeur donnée $x$ est en effet égale à l'ordonnée $y$ du point de $(D_2)$ d'abscisse $x$. On pourra tracer $(D_2)$ à partir de $(D_1)$, si l'on sait estimer la valeur du coefficient de corrélation $r$. Or on peut écrire $r^2 = \frac{A^2.\sigma_y^2}{\sigma_x^2} = \frac{\sigma_x^2 - \sigma_z^2}{\sigma_x^2} = 1 - \frac{\sigma_z^2}{\sigma_x^2}$, et l'on sait estimer les écarts types $\sigma_x$ et $\sigma_z$ à partir des résultats expérimentaux.

*Champ d'application de la méthode.* — L'hétérogénéité de l'alliage ne pourra être fixée avec précision à partir des valeurs expérimentales $x$ qu'à la condition que l'écart type lié $\sigma_y^{(x)}$ soit petit par rapport à $\sigma_y$. On sait que

$$\sigma_y^{(x)} = \sigma_y.\sqrt{1 - r^2} = \sigma_y.\left(1 + \frac{A^2.\sigma_y^2}{\sigma_z^2}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

1° Si la dispersion $\sigma_z$ propre à la méthode de mesure est grande par rapport à l'hétérogénéité $\sigma_y$ à mettre en évidence, l'écart type lié $\sigma_y^{(x)}$ est égal à $\sigma_y$. La valeur expérimentale du coefficient de corrélation $r$ est très voisine de 0. La droite $(D_2)$, qui est sensiblement horizontale, ne présente plus d'intérêt pour chiffrer l'hétérogénéité de l'alliage, qui ne peut être mise en évidence par voie spectrographique.

2° Lorsque au contraire $\sigma_z$ est beaucoup plus faible que $\sigma_y$, la dispersion liée $\sigma_y^{(x)} = \frac{\sigma_z}{A}$ est très faible par rapport à $\sigma_y$. La valeur expérimentale du coefficient de corrélation est très voisine de l'unité; $(D_2)$ se confond presque avec $(D_1)$. La méthode spectrographique permet de chiffrer avec une grande précision l'hétérogénéité de l'alliage étudié.

3° Dans les cas intermédiaires ($r > 0,5$), on peut encore évaluer, à l'aide de la droite $(D_2)$, l'hétérogénéité de l'alliage avec une précision relative d'autant plus grande que la valeur du rapport $\frac{\sigma_y^{(x)}}{\sigma_y} = \sqrt{1 - r^2} = \frac{\sigma_z}{\sigma_x}$ est plus faible.

Je poursuis actuellement, pour divers alliages homogènes, la détermination expérimentale des dispersions $\sigma_z$ propres à la méthode spectrographique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Le mécanisme des évanouissements brusques des ondes radioélectriques.* Note (1) de M. **Raymond Jouaust**, présentée par M. Charles Maurain.

Il est certain aujourd'hui que les évanouissements brusques des ondes radioélectriques courtes sont provoqués par les éruptions chromosphériques et sont dus à une augmentation considérable de l'ionisation de la région de l'ionosphère située à l'altitude de $80^{km}$ (région D).

(1) Séance du 30 novembre 1942.

On doit se demander comment les éruptions, qui n'intéressent qu'une partie restreinte de la surface solaire et n'ont dans le domaine des radiations visuelles qu'une brillance un peu supérieure à celle de la surface, peuvent avoir un tel retentissement sur notre atmosphère.

Edlen avait supposé que cette ionisation était due à la présence, au-dessus des facules, d'atomes $Fe_{13}$ et $Ni_{15}$ émettant par conséquent des rayons X.

Mais ce seraient des rayons très mous, très absorbables par l'air et qui devraient agir sur les régions E et F de l'ionosphère. Or celles-ci ne sont pas modifiées au cours des évanouissements.

Le mécanisme de l'augmentation d'ionisation de la région D nous paraît être le suivant :

A cette altitude ne peuvent parvenir que les radiations supérieures à 1750 Å. Or normalement ces radiations ne peuvent provenir que de la photosphère ou des couches basses de la chromosphère; les couches supérieures de la chromosphère composées presque uniquement d'atomes ionisés n'émettent que de l'ultraviolet lointain et en même temps elles absorbent le proche ultraviolet émis par la photosphère qui contribue précisément à leur ionisation.

Les éruptions amènent, à la surface de la chromosphère, des matières provenant des couches profondes, comme le montre leur spectre analogue au spectre éclair. Il y a donc production, dans les éruptions, de proche ultraviolet atteignant notre atmosphère sans aucune absorption, et susceptible par conséquent d'avoir une action plus intense que les radiations identiques, partiellement absorbées, émises normalement par le Soleil.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Un montage pour l'amplification des courants photoélectriques très faibles*. Note (1) de MM. **André Blanc-Lapierre** et **Georges Goudet**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'amplification des courants photoélectriques très faibles est généralement réalisée à l'aide d'amplificateurs à lampes à courant continu. Grâce à l'utilisation d'une très forte résistance d'entrée, il est possible d'obtenir un gain élevé; de plus, pour les couches sensibles dans le visible et l'infrarouge, l'émission thermoélectronique est notable. Le bruit de fond dû à l'amplificateur est alors inférieur à celui qui résulte de la cellule elle-même. Cependant la présence d'une forte résistance d'entrée pose des problèmes d'isolement et de stabilité et diminue pratiquement les possibilités théoriques de l'appareil; en outre, celui-ci est très sensible aux variations des tensions d'alimentation.

Le procédé d'amplification par électrons secondaires (2) permet de réaliser

---

(1) Séance du 25 janvier 1943.

(2) Zworykin, *Journal of the Institut of Electrical Engineers*, 79, 1936, p. 1; Zworykin, Morton et Malter, *Procedings of the Institut of Radio Engineers*, 24, 1936, p. 351.

un montage d'une sensibilité théorique égale, mais qui ne présente pas les inconvénients précédents. Nous avons utilisé un dispositif constitué par une cellule photoélectrique au cæsium, de surface $1^{cm^2},5$ suivie d'un multiplicateur électronique à 10 étages, à focalisation magnétique. Cet appareil est alimenté par un redresseur à lampes qui fournit une tension continue totale V, variable de 1000 à 2000 volts, et excite un électroaimant producteur du champ magnétique; la valeur de celui-ci doit être ajustée en fonction de V.

*Gain du multiplicateur.* — Nous avons mesuré l'amplification en courant du multiplicateur pour diverses valeurs de la tension V; les résultats sont les suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| V | 1200 | 1550 | 1870 |
| Amplification | $0,135.10^5$ | $1,24.10^5$ | $3,38.10^5$ |

*Bruit de fond.* — Nous avons amplifié commodément les courants donnés par le multiplicateur en modulant la lumière par un disque tournant à fentes et en utilisant un amplificateur accordé répondant aux caractéristiques suivantes :

Fréquence, 1000 Hz. Bande passante, 30 Hz. Résistance d'entrée, $1,5.10^6$ ohms. Gain, 10000. Bruit de fond, inférieur à 1 micro-volt.

Les tensions de sortie sont mesurées sur un voltmètre à diode, dont la constante de temps est de l'ordre de la seconde.

Toute l'installation est alimentée à partir du secteur alternatif. En l'absence de signal, le voltmètre donne l'indication moyenne $x$, qui provient des composantes du bruit de fond dans la bande de fréquences amplifiée. Autour de cette valeur moyenne existent des fluctuations qui limitent la précision de la lecture à une valeur $\varepsilon$; à cette incertitude correspond la plus petite tension alternative décelable : sa valeur efficace $\alpha$ peut être calculée, compte tenu de ce que le voltmètre est quadratique dans le domaine d'utilisation, par la formule $\alpha = \sqrt{2x\varepsilon}$. Les valeurs de $x$, $\varepsilon$ et $\alpha$ ainsi que les valeurs efficaces $I_x$ et $I_\alpha$ des courants d'entrée correspondants sont rassemblées dans le tableau suivant :

| | V volts. | $x$ volts. | $\varepsilon$ volts. | $\alpha$ volts. | $I_x$ amp. | $I_\alpha$ amp. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1200 | 0,35 | 0,05 | 0,19 | $17.10^{-16}$ | $9,2.10^{-16}$ |
| B | 1550 | 3 | 0,5 | 1,7 | $16.10^{-16}$ | $9,2.10^{-16}$ |
| C | 1870 | 17 | 5 | 13 | $34.10^{-16}$ | $26\ .10^{-16}$ |

Le plus petit courant photoélectrique décelable a une valeur efficace $I_\alpha = 9.10^{-16}$ a. En l'absence de disque modulateur, il lui correspondrait un courant continu d'intensité $I_\alpha(\pi\sqrt{2}/2) = 2.10^{-15}$ a. Le bruit de fond est le même pour les expériences A et B; il croît dans l'expérience C où le multiplicateur est soumis à un régime plus poussé. Cet accroissement est certainement dû à des causes secondaires dans le multiplicateur (3).

(3) H. BRUINING, *Die Sekundär-Elektronen-Emission fester Körper*, Berlin, 1942.

Dans les cas A et B, il peut être attribué uniquement aux composantes utiles des fluctuations du courant thermoélectronique de la couche photoélectrique ($Cs—Cs^2O—Ag$) qui est de l'ordre $2.10^{-13}$ amp/cm² à 20° : à partir de cette valeur et de la sélectivité du montage, il est en effet possible de calculer la valeur moyenne $x'$ et l'écart quadratique moyen $\varepsilon'$ ainsi que les courants d'entrée correspondants $I_{x'}$ et $I_{\alpha'}$ ([4]). Si l'on admet que deux lectures sont distinctes lorsqu'elles diffèrent au moins de $\varepsilon'$, $I_{\alpha'}$ sera le plus petit courant décelable. On trouve ainsi $I_{x'} = 18.10^{-16}$ a. et $I_{\alpha'} = 8.10^{-16}$ a., en accord avec les valeurs expérimentales.

Il nous a paru intéressant d'étudier les possibilités du multiplicateur associé directement à un galvanomètre; les résultats expérimentaux sont les suivants :

$$V = 1550 \text{ volts}, \quad x = 420.10^{-10} \text{ a.}, \quad I_x = 340.10^{-15} \text{ a.}, \quad \varepsilon = 7,5.10^{-10} \text{ a.}$$

Le plus petit courant décelable correspondant à $\varepsilon$ est donc $I = 6.10^{-15}$ a. Le pouvoir séparateur du montage est 3 fois moins bon que précédemment. Or, pour le galvanomètre utilisé (période 12 s, amortissement critique), les fluctuations dues à l'effet thermoélectronique devraient conduire à un pouvoir séparateur inférieur à $4.10^{-16}$ a. Les dérives des tensions d'alimentation sont vraisemblablement la cause de ce désaccord.

L'association du multiplicateur et d'un amplificateur à courant alternatif, qui les élimine constitue le montage le plus commode et le plus fidèle et sa sensibilité est pratiquement supérieure à celle du dernier montage envisagé.

## CHIMIE MINÉRALE. — *Glucinate de magnésium et glucinate de baryum.* Note de Mlle **Marie-Louise Quinet.**

J'ai étudié la préparation des glucinates de magnésium et de baryum, qui appartiennent tous deux au même groupe de la classification de Mendeleieff.

A. Action d'un sel sur un glucinate alcalin. — *Mode opératoire.* — Je dissous $0^{mol},01$ de sel de glucinium (sulfate ou chlorure) dans $10^{cm^3}$ d'eau et je traite par un volume de soude ou de potasse en excès de façon qu'il y ait redissolution de l'hydroxyde en solution basique. J'ajoute le sel de baryum ou de magnésium dissous dans l'eau en quantité telle que le rapport variable M/Be soit bien connu; il y a alors formation d'un précipité abondant puisqu'il se forme des hydroxydes susceptibles de se combiner au glucinate alcalin.

J'ajoute alors une quantité variable de soude ou de potasse, puis de l'eau, de façon à avoir un poids total de $100^g$ et une basicité constante dans chaque série d'expériences.

*Méthode d'analyse.* — Le précipité pouvant être formé de plusieurs corps,

---

([4]) A. Blanc-Lapierre, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 42.

j'analyse la solution pour les deux métaux; à partir du poids total de solution je calcule, par différence avec le poids total des corps utilisés, la composition du précipité. Le calcul d'erreur montre que l'approximation sur cette composition est de 3 à 4 %.

Résultats. — 1° *Avec le chlorure ou le sulfate de magnésium et les hydroxydes de sodium ou de potassium.*

Après réaction, il y a donc en solution, outre les hydroxydes nouvellement formés, des sulfates ou des chlorures de potassium ou de sodium. J'ai vérifié que les ions de ces derniers sels n'agissaient pas sur l'hydrolyse du glucinate.

Je fais varier de 0,1 à 5 le rapport Mg/Be des sels mis en présence.

La concentration en base ne doit pas être supérieure à une molécule au litre, car il y aurait attaque lente du glucinate formé, et elle ne doit pas être inférieure à 0,1 N, car il y aurait alors hydrolyse du glucinate. Mais, lorsque la quantité de base libre est constante et voisine d'une demi-molécule par litre, la quantité de sel de glucinium restant en solution diminue lorsque croît le rapport Mg/Be pour devenir nulle lorsque ce rapport devient $\geqq 3$.

La solution *ne contient jamais de magnésium*, ce que je vérifie par le dosage à l'oxyquinoléine en milieu basique avec addition de tartrate de sodium.

Lorsque le rapport Mg/Be est inférieur à 3, je peux calculer, d'après le poids de glucinium en solution, le poids de glucinium dans le précipité par rapport au poids du magnésium précipité.

On obtient les résultats ci-dessous :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Rapport moléculaire Mg/Be initial ... | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ion Be en solution ................. | 0,0083 | 0,0067 | 0,0034 | 0 | 0 |
| Mg/Be calculé dans le précipité...... | 2,95 | 3,01 | 2,97 | 3 | 4 |

On peut ainsi conclure à la formation d'un glucinate de magnésium $BeO^4Mg^3, yH^2O$ ou $BeO, 3MgO, yH^2O$.

2° *Avec les sels de baryum.* — Les expériences précédentes ont été répétées dans les mêmes conditions, mais avec les chlorures seulement. Comme dans les expériences précédentes, il se produit les mêmes phénomènes lorsque la concentration en base est égale ou supérieure à la solution normale, ou inférieure à la solution décinormale. Entre ces deux valeurs, lorsque le rapport Ba/Be des sels mis en présence varie de 1 à 4, le rapport des ions Ba/Be dosés *dans la solution*, après précipitation par l'hydroxyde alcalin, reste constant et égal à $1 \pm 0,04$, ce qui correspond à la formule $[BeO^2Ba, pH^2O]$ : dans le cas du magnésium, il n'y avait jamais de magnésium en solution.

L'existence, en solution, d'un glucinate de baryum est encore démontrée par la concentration de l'ion baryum en solution, qui reste constante quand varie la quantité de chlorure de baryum ajouté, comme le montre le tableau

suivant, où les concentrations sont données en mol/g pour 100g de solution :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $Cl^2Ba$ initial | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| $Cl^2Be$ initial | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| HOK total | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 |
| Ion HO en solution | 0,078 | 0,078 | 0,078 | 0,079 | 0,079 |
| Ion Ba en solution | 0,0047 | 0,0095 | 0,0109 | 0,0101 | 0,0103 |

B. Action directe de l'hydroxyde de baryum sur l'hydroxyde de glucinium en l'absence de soude ou de potasse. — L'hydroxyde de baryum étant relativement soluble dans l'eau, j'ai pu le faire agir en solution sur l'hydroxyde de glucinium. A une quantité constante de solution saturée d'hydroxyde de baryum, j'ai ajouté des quantités croissantes d'hydroxyde $\alpha$ de glucinium : la quantité d'hydroxyde de baryum diminue, il y a donc formation de glucinate de baryum, puis hydrolyse de ce corps, après précipitation de l'hydroxyde $\beta$ de glucinium gélatineux, parce que le pH de la solution n'est pas assez grand. Pour éviter l'hydrolyse, due à ce que la concentration de la solution d'hydroxyde de baryum diminue, j'ai maintenu constante sa concentration en ion hydroxyle, en ajoutant à la solution saturée, de l'hydroxyde de baryum cristallisé $(HO)^2Ba, 8H^2O$, en excès.

D'autre part, le précipité apparaît au microscope comme formé de deux constituants, l'un cristallisé et très dense : l'hydroxyde de baryum, l'autre pulvérulent (mais non gélatineux) et peu dense. J'ai employé, pour la séparation de ces deux corps, une filtration fractionnée par centrifugation au sein même de la solution basique.

On trouve aussi des ions glucinium en solution. La quantité des ions baryum en solution est, comme dans le cas précédent, plus grande que celle correspondant à l'hydroxyde de baryum seul.

Par différence, on calcule la quantité d'ions baryum combinés aux ions glucinium en solution. On trouve encore que, dans la solution, le rapport $Ba/Be = 1$.

Les analyses des précipités et de la solution m'ont conduit à admettre la formule $BeO^2Ba, zH^2O$, formule trouvée plus haut.

Il y a donc une différence très nette de constitution et de propriétés physiques entre les deux composés de magnésium et de baryum.

La formule du glucinate de magnésium, plus complexe, serait sans doute due à l'aptitude de l'hydroxyde de magnésium à donner des sels basiques.

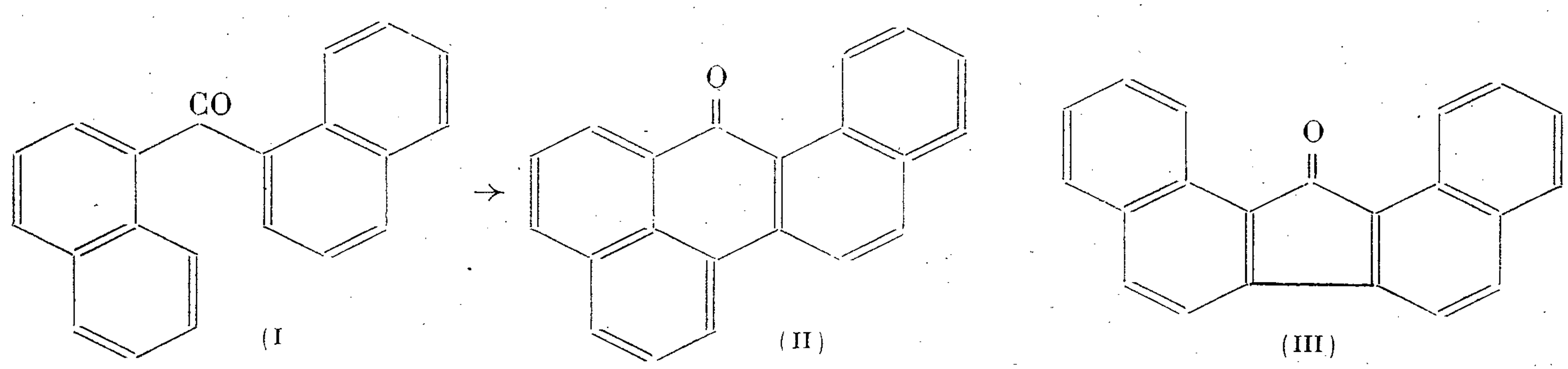
On pourrait écrire sa formule $BeO^2Mg, 2(HO)^2Mg, yH^2O$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle synthèse du* 1.2.7.8-*dibenzofluorène*. Note [1] de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

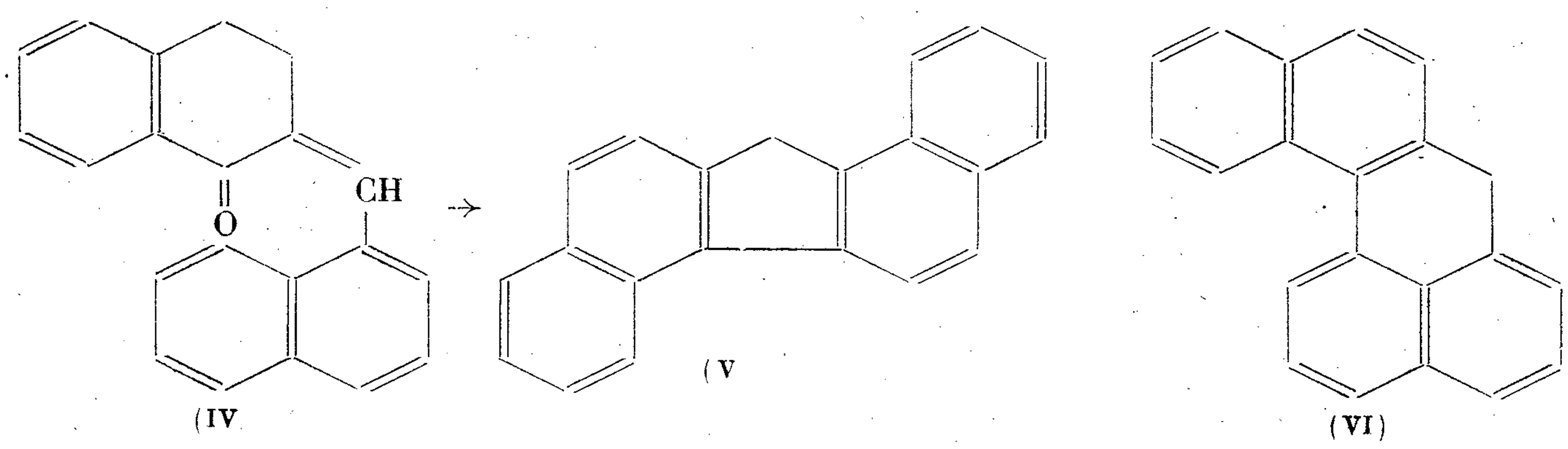
On connaît l'importance que présente la réaction de Scholl (cyclisation des

(1) Séance du 8 février 1943.

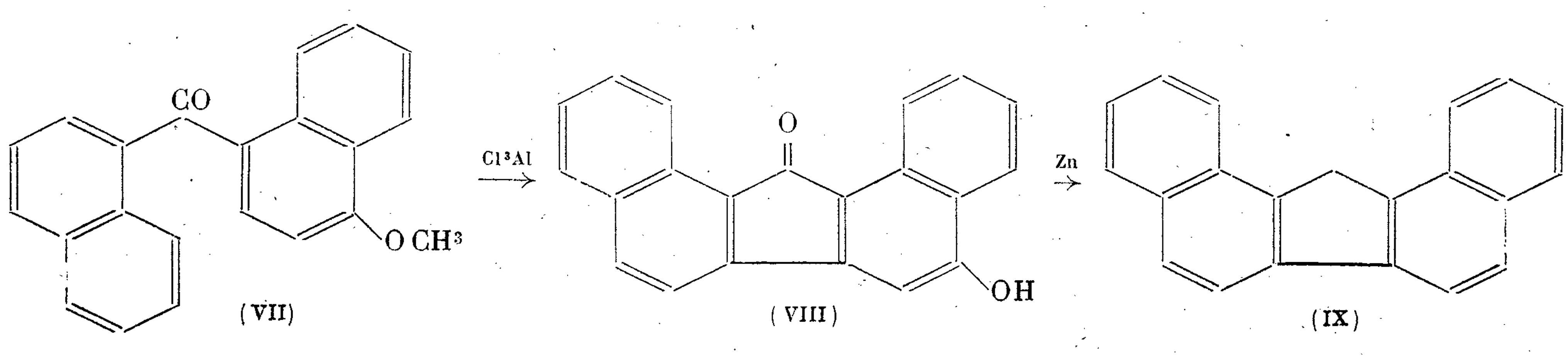
cétones aromatiques en benzanthrones par *cuisson* avec $Cl^3Al$) pour l'industrie actuelle des colorants (colorants de cuve). Dans cette réaction on admet généralement (la plupart du temps sans détermination de la constitution des corps obtenus) que la cyclisation s'effectue de façon que le nouveau cycle formé soit hexagonal. Par exemple l'action de $Cl^3Al$ sur la 1.1'-dinaphtylcétone (I), selon R. Scholl (²), donne naissance à la 1.2.5.10-dibenzanthrone (II), et non à la 1.2.7.8-dibenzofluorénone (III), à cycle pentagonal.




Or nous avons récemment signalé (³) que, dans la cyclodéshydratation de la 2.α-naphtylidène-1-tétralone (IV), on obtient au contraire le 1.2.5.6-dibenzofluorène (V) et non le carbure (VI) : il y a donc ici formation élective d'un




cycle pentagonal. Nous avons eu maintenant l'occasion de constater l'existence du même phénomène dans la cyclisation par la méthode de Scholl, de la 4-méthoxy-1.1'-dinaphtylcétone (VII). Ce corps subit, sous l'action de $Cl^3Al$ à chaud, une déméthylation suivie d'une cyclisation pentagonale en 3-hydroxy-




(²) Brevet all., **239671**, 1910.

(³) *Revue Scientifique*, **80**, 1942, p. 384.

1.2.7.8-dibenzofluorénone (VIII). Ce dernier corps n'a pas été isolé à l'état pur, mais sa constitution a été fixée avec certitude par la distillation sur poudre de zinc, qui engendre le 1.2.7.8-dibenzofluorène, déjà préparé par plusieurs auteurs selon des méthodes diverses ([4]). Comme la constitution de la cétone (II) obtenue à partir de (I) a été vérifiée par Cook et de Worms ([5]), il ne nous reste plus qu'à admettre que l'introduction de substituants favorise la cyclisation en dibenzofluorène au détriment de la fermeture en 1.2.5.10-dibenzanthrène (formule II où O est remplacé par $H^2$).

PARTIE EXPÉRIMENTALE. — 1° (VII) $C^{22}H^{16}O^2$. 30g du chlorure de l'acide α-naphtoïque ($É_{13}$ 171-172°) sont dissous ainsi que 30g d'α-méthoxynaphtalène dans 150cm³ de nitrobenzène; on refroidit à 0° et ajoute peu à peu 30g de $Cl^3Al$ pulvérisé. On laisse reposer 24 heures à la température ordinaire, fait le vide pendant 1 heure pour éliminer ClH, décompose par la glace chlorhydrique, lave à l'eau, à la soude aqueuse diluée puis à l'eau, la couche nitrobenzénique diluée avec l'éther. Après élimination des deux solvants, on rectifie le résidu sous haut vide, et obtient 45g d'un liquide extrêmement visqueux $E_{0,7}$ 264°, qui se solidifie par trituration avec l'alcool. Beaux cristaux incolores F 120° (de l'alcool), ne donnant ni oxime ni semicarbazone, et se dissolvant en orangé dans $SO^4H^2$ pur. Lorsqu'on essaie de déméthyler cette cétone par 4 heures de chauffage, avec BrH à 48 % dans l'acide acétique, on provoque la coupure quantitative du produit en acide α-naphtoïque et α-naphtol. Ce résultat est inattendu, car la 4-méthoxybenzophénone se laisse déméthyler sans difficulté dans les mêmes conditions ([5]). 2° (IX) $C^{21}H^{14}$. 20g de (VII) ont été chauffés 1 heure avec 140g de $Cl^3Al$ pulvérisé à 120-145°; la masse dure obtenue est décomposée par la glace, et le solide obtenu est traité par ClH dilué bouillant (pour éliminer Al), lavé à l'eau, et desséché soigneusement sous vide. 10g de ce produit sont mélangés intimement avec 10g de poudre de zinc, 10g de ClNa et 50g de $Cl^2Zn$ anhydre. On introduit ce mélange dans un ballon de Claisen, on le fond à flamme nue, puis distille sous léger vide : on obtient un sublimat jaunâtre qu'on purifie par resublimation, et cristallisations fractionnées répétées dans l'alcool, le benzène, et enfin l'acétate d'éthyle. On obtient ainsi de grosses lamelles rectangulaires incolores, brillantes, très peu solubles dans l'alcool, F inst. 230° (non corr.), donnant des solutions benzéniques fortement fluorescentes (violet rouge). Ces propriétés l'identifient au 1.2.7.8-dibenzofluorène. Le picrate constitue de fines aiguilles soyeuses orangées F 191°, très peu solubles dans l'alcool.

Nous poursuivons ces recherches sur les phénomènes de cyclisation élective en noyaux pentaatomiques.

---

([4]) SCHMIDLIN et MASSINI, *Ber. d. chem. Ges.*, **42**, 1909, p. 2377; TSCHITCHIBABIN et MAGIDSON, *J. prakt. Chem.*, [N. F.], **90**, 1914, p. 168; SWAIN et TODD, *J. Chem. Soc.*, 1941, p. 674; R. H. MARTIN, *ibid.*, p. 679.

([5]) STOERMER, *Ber. d. chem. Ges.*, **41**, 1908, p. 323.

GÉOLOGIE. — *Présence et extension du Cénomanien dans la région Sud de Brignoles (Var).* Note de Mlle **Suzanne Fabre** et M. **Claude Gouvernet**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1890, Ph. Zurcher (1), étudiant la prolongation de la chaîne de la Sainte-Baume vers l'Est, décrivait les facies crétacés qui affleurent dans la région comprise entre Mazaugues et Camps, au Sud de Brignoles. L'échelle stratigraphique donnée par l'auteur marque une lacune entre l'Aptien et le Sénonien. Ce dernier est formé de calcaires, marnes et grès, avec Polypiers, Radiolites et Hippurites, auxquels succèdent des marnes et des grès à *Rhynchonella difformis*, enfin des grès bariolés.

La coupe 9, figurée planche III par Zurcher, révèle, du Nord au Sud au delà du point 275,4 sur le plan directeur au 1/20000, la présence des horizons suivants : le Sénonien à Hippurites et l'Aptien à pendage Nord, puis les dolomies du Jurassique supérieur dessinant un anticlinal et, de nouveau, les facies à Hippurites, *repliés en* W, sous le Jurassique supérieur renversé.

Nous avons suivi cette coupe dans le vallon de l'Amarron, et une étude détaillée nous permet de la compléter en signalant la présence du Cénomanien sous les formations plissées à Hippurites.

Le Crétacé supérieur observé sur les pentes Ouest de ce vallon offre la succession suivante : à la base, reposant sur les dolomies jurassiques, des calcaires grumeleux, gris, à altération jaunâtre, dans lesquels nous avons recueilli notamment *Præalveolina cretacea tenuis* Reichel, *Tetragramma variolare* Brongniart sp., *Neithea Dutrugei* Coquand, *Venus Forgemolli* Coquand, des Cardium, etc. Viennent au-dessus : des lentilles récifales à Caprinidés, d'importance inégale, et séparées par les facies à Préalvéolines; puis, terminant la série, des barres récifales à Hippurites, Radiolites, Sphærulites et des bancs de calcaires rognoneux gris, riches en Lacazines.

Ainsi, comme l'atteste la faune, les calcaires grumeleux de base et les lentilles récifales sont d'âge cénomanien; leur puissance moyenne est de 9 à 10m. Quant aux formations à Rudistes et Lacazines, elles sont sénoniennes.

Dans cette région, les calcaires à Hippurites succèdent directement au facies récifal à Caprinidés. Aucune faune turonienne n'a été recueillie; cependant on ne peut noter ni lacune sédimentaire apparente, ni discordance. L'existence de hauts-fonds, sur lesquels s'édifiaient les récifs cénomaniens et sénoniens, explique ce dispositif particulier. Des exemples similaires ont été déjà observés dans le Crétacé supérieur de la Basse-Provence occidentale (2).

Les escarpements Est du vallon de l'Amarron offrent une coupe naturelle

---

(1) *Bull. Carte Géol. de la France*, no 18, II, 1890, p. 321.

(2) S. Fabre, *Annales Fac. Sciences de Marseille*, 14, II, 1941, p. 327.

des horizons supracrétacés plissés (planche IV de Zurcher). Les calcaires grumeleux à Préalvéolines du Cénomanien, imprégnés de calcite, apparaissent au contact des dolomies jurassiques renversées. Les barres à Hippurites et les calcaires rognoneux à Lacazines, extrêmement froissés, reposent vers le Nord sur le Jurassique supérieur et l'Aptien, avec interposition de bancs corrodés à Pholades. Dans cette dernière partie de la coupe, les formations cénomaniennes décrites plus haut ne peuvent être observées. Mais, entre l'Aptien et le Sénonien, on remarque des sables verdâtres et des marnes à Échinides. La présence de *Discoidea subuculus* Klein montre que le Cénomanien très réduit peut être encore identifié.

L'étude paléoocéanographique du Crétacé supérieur du vallon de l'Amarron donne ainsi une idée précise de l'extension du golfe cénomanien au Sud-Est du Roc de Candelon qui formait à cette époque une ride anticlinale complexe, d'orientation W.S.W.-E.N.E.

La limite orientale du golfe provençal, tracée jadis par Collot ([3]) et révisée par l'un de nous ([4]), épouse donc le bord méridional des reliefs actuels de Méounes-La Roquebrussane jusqu'au Sud-Est du Roc de Candelon, puis atteint les environs de Camps, où des formations à Préalvéolines viennent d'être également reconnues.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Influence de la convection thermique sur le champ électrique terrestre.* Note ([1]) de M. **Philippe Pluvinage**, présentée par M. Charles Maurain.

Les anomalies dans le champ électrique terrestre, en une station donnée, s'observent souvent en l'absence d'un vent régulier susceptible d'assurer un balayage constant et uniforme des ions atmosphériques. Procédant cet été à des enregistrements du champ électrique au Sommet du Puy de Dôme (1465m), j'ai pu constater, à diverses reprises, la perturbation très nette apportée par un processus local de convection thermique, substituant un courant ascendant vertical aux vents réguliers qui balayent ordinairement la station. Le Puy de Dôme se présente comme une montagne bien détachée du relief environnant puisqu'il domine de 200m ses voisins de la chaîne des Puys et de 500m le plateau. L'été, par temps calme et ciel initialement pur, l'échauffement du versant Est, au lever du Soleil, aboutit à la formation, le long de la montagne, d'une colonne d'air ascendant. Pour un degré hygrométrique initial suffisant, la détente amène une condensation à la hauteur du Sommet, qui se trouve encapuchonné dans un cumulus. A mesure que le Soleil s'élève

([3]) *Bull. Soc. Géol. France*, 3e série, 19, 1890, p. 67 et pl. IV,

([4]) S. Fabre, *loc. cit.*, p. 338.

([1]) Séance du 23 novembre 1942.

sur l'horizon, la base du cumulus s'élève par le jeu bien connu de la convection thermique; le nuage décolle du Sommet et il s'établit un régime durable pendant quelques heures caractérisé par l'existence d'une colonne d'air ascendant prenant sa source sur le versant ensoleillé de la montagne et sur la calotte du Sommet. Cette colonne aboutit à quelques centaines de mètres de hauteur (une photogrammétrie effectuée le 10 août à $10^h30^m$ a donné $740^m$) à un cumulus de beau temps du type classique : base plate, partie supérieure bourgeonnante. Chaque Puy voisin qui se détache suffisamment dans le relief environnant est d'ailleurs surmonté d'un cumulus semblable. L'agitation de l'atmosphère au sein de la colonne d'air ascendant est marquée par les variations d'indice de réfraction au ras du sol et par les mouvements internes incessants dont les cumulus sont le siège. Ces cumulus se transforment vers $12^h$ en strato-cumulus et vers $14^h$ la dissolution commence. Elle se poursuit jusque vers $18^h$, des lambeaux de condensations apparaissant et disparaissant tour à tour avant de céder la place à de simples voiles sans ombres propres ni ombres portées et formés sans doute de très fines gouttelettes qui disparaissent bientôt à leur tour.

Les particularités du dispositif d'enregistrement du champ électrique sont les suivantes : mouvement rapide de l'enregistreur photographique permettant la mise en évidence des variations brusques du champ (1 minute est représentée sur le papier par $8^{mm}$), montage de la prise de potentiel suivant un dispositif, imaginé par C.W. Lutz (²), permettant d'avoir la valeur du champ sans intervention du facteur de réduction ni corrections (valeur élevée de la constante de torsion du fil de l'électromètre à cause des grandes valeurs des différences de potentiel à mesurer).

Quand la convection thermique entre en jeu, les valeurs du champ sont de l'ordre du double des valeurs normales telles qu'elles ont été déterminées au même endroit par G. Grenet (³) : 280 V/m le matin vers $8^h$ au lieu de 150 V/m, 450 V/m vers $17^h$ au lieu de 220 V/m. Le champ ne cesse de croître du lever du Soleil jusqu'à la fin de la phase de dissolution, l'amplitude de sa variation étant nettement plus grande que celle de la variation diurne normale. Les enregistrements sont très agités, contrastant avec les enregistrements habituels relativement calmes du Puy de Dôme.

L'agitation des enregistrements est certainement corrélative de l'agitation générale de l'air au sein de la colonne ascendante. L'augmentation continue du champ, au cours de la journée, peut s'interpréter par une accumulation de charges positives au-dessus de la Station, mais, seules, de nouvelles mesures permettront de préciser les rôles joués par le mouvement de l'air et par le cumulus qui couronne la colonne ascendante.

---

(²) *Gerl. Beit. zur Geophysik*, 31, n° 4, 1937, p. 398.
(³) *Bull. de l'Inst. et Obs. de Phys. du Globe du P.-d.-D.*, n° 7, 1934, p. 3.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Différentes sortes d'agitation magnétique.* Note (1) de M. **Louis Éblé**, présentée par M. Charles Maurain.

Les diagrammes enregistrés photographiquement, qui représentent la déclinaison ou les composantes du champ magnétique terrestre, présentent rarement un aspect tout à fait calme et soutenu, mais en général des variations qui paraissent désordonnées; sur leur tracé on distingue des « baies », des pulsations, des crochets isolés, des agitations irrégulières et prolongées, des « orages magnétiques » avec ou sans débuts brusques etc. Au total, on range toutes ces irrégularités sous le nom d'*agitation magnétique*. Celle-ci, considérée dans son ensemble, subit dans son intensité une variation diurne qu'on peut mettre en évidence, sans mesures d'amplitudes, en attachant à chaque heure ou chaque espace de deux ou trois heures, un coefficient numérique, par exemple 0 pour les aspects calmes, 1 presque calmes, 2 un peu agités etc., jusqu'à 7 pour les perturbations exceptionnelles (échelle de l'I. P. G. de Paris). On traduit ainsi en unités arbitraires une variation diurne moyenne telle que la suivante (cycle solaire 1928-1938) :

| Heures...... | 0 à 3h. | 3 à 6h. | 6 à 9h. | 9 à 12h. | 12 à 15h. | 15 à 18h. | 18 à 21h. | 21 à 24h. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Caractère relatif. | 1,52 | 1,35 | 1,17 | 1,23 | 1,31 | 1,25 | 1,45 | 1,54 |

Elle possède un maximum la nuit, un minimum principal le matin, un minimum secondaire vers 16h.

Si, au lieu de prendre la moyenne des coefficients, qu'on nomme habituellement caractères magnétiques, on envisage leur fréquence horaire, il se trouve que la marche diurne de celle-ci est assez différente suivant le degré :

| Fréquence % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | degrés 1 et 2... | 63,4 | 69,7 | 68,6 | 71,4 | 67,9 | 55,9 | 53,6 | 57,9 |
| | degrés 3 et 4... | 18,3 | 10,2 | 5,7 | 6,0 | 10,1 | 14,5 | 21,5 | 21,8 |

Les agitations faibles se rencontrent surtout dans la matinée avec maximum un peu avant midi, les agitations fortes présentent leur maximum de fréquence au début de la nuit.

Cela montre que ce qu'on appelle ordinairement *agitation magnétique* est en réalité la superposition d'au moins deux agitations différentes, que l'on distingue facilement sur les graphiques dès que l'attention est attirée vers ce fait; l'une courte et assez régulière, qui se développe surtout dans la matinée, l'autre ample et irrégulière, qui atteint son maximum la nuit. Les orages magnétiques constituent un troisième phénomène. Les deux premiers, tout en se rattachant à l'activité solaire, doivent avoir des causes immédiates différentes : nous attribuerions l'agitation courte à une action immédiate du Soleil

(1) Séance du 14 décembre 1942.

par ses radiations ultraviolettes, et l'agitation forte à une action d'ensemble de l'atmosphère ionisée ou des courants extraterrestres, car celle-ci semble posséder un caractère plus simultané et universel. En tous cas, il convient d'étudier séparément ces deux sortes d'agitation : la variation diurne du caractère magnétique résulte de leur superposition.

MÉTÉOROLOGIE. — *La constitution des nuages au Pic du Midi.*
Note ([1]) de M. **Jean Bricard**, présentée par M. Charles Maurain.

On peut se demander si les résultats que nous avions obtenus au sommet du Puy de Dôme (altitude 1465$^m$), concernant la constitution des nuages, sont particuliers à cet endroit ([2]). A cet effet, nous avons entrepris une étude analogue au sommet du Pic du Midi (altitude 2877$^m$), et avons caractérisé les nuages qui s'y forment de la façon suivante :

*a*. Les dimensions des gouttes ont été déterminées par la méthode microphotographique déjà décrite;

*b*. Pour connaître la masse d'eau condensée par unité de volume (ou, dans les mêmes conditions, le nombre de gouttes de rayon moyen préalablement déterminé), on a utilisé la relation de Trabert ([3]). Cette relation, que nous avons vérifiée précédemment ([4]), permet très simplement, connaissant la distance à laquelle cesse d'être visible à travers le brouillard un objet sombre se détachant au-dessus de l'horizon, ainsi que le rayon moyen des gouttes correspondantes, de déterminer la masse d'eau condensée par unité de volume;

*c*. Enfin un observateur placé au pied du Pic du Midi (Bagnères-de-Bigorre) notait la nature des nuages au sein desquels on opérait ainsi.

Les nuages ont été déterminés d'après les définitions de l'Atlas international, bien qu'elles ne soient valables que dans le cas ou ceux-ci ne touchent pas le sol. Ces définitions sont d'ailleurs assez difficiles à appliquer ici, puisque le Pic du Midi ne se trouve que faiblement surélevé par rapport au niveau supérieur moyen théorique des nuages bas; notamment, les caractères distinctifs de l'Alto stratus et du Nimbo stratus restant conventionnels, nous avons admis que l'on se trouve en présence d'un Nimbo stratus lorsqu'il ne reste plus trace d'aucune structure fibreuse ([5]).

Malgré les difficultés que présente l'observation de nuages nettement caractérisés, nous avons pu effectuer 28 séries de mesures au cours du Printemps

---

([1]) Séance du 7 décembre 1942.

([2]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 148; *Ann. de Phys.*, 11$^e$ série, **14**, 1940, p. 162; *La Météorologie*, **20**, mars-avril 1938.

([3]) *Met. Zeits.*, **18**, 1901, p. 518.

([4]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 439.

([5]) Voir à ce sujet J. Coulomb et J. Loisel, *La physique des nuages*, Paris, 1939, p. 180.

1942; les résultats obtenus sont représentés par le tableau suivant, dans lequel on a rangé les nuages d'après les valeurs décroissantes du rayon moyen de leurs gouttelettes :

| | R. | $l$. | $m.10^6$. | N. |
|---|---|---|---|---|
| Nimbo stratus | 11,0 | 84 | 0,760 | 137 |
| Strato cumulus | 8,0 | 73 | 0,635 | 300 |
| Cumulus | 6,5 | 70 | 0,540 | 470 |
| Stratus | 5,3 | 78 | 0,395 | 635 |

où R représente la moyenne des rayons exprimée en $\mu$, et $l$ la moyenne des distances de visibilité correspondant à chaque catégorie de nuages exprimée en mètres; $m$ est la masse d'eau condensée par centimètre cube exprimée en grammes par centimètre cube, et N le nombre moyen de gouttes dans les mêmes conditions ([6]).

Les Altostratus semblent se former très rarement au Pic du Midi : en général, lorsqu'ils s'abaissent jusqu'à cette altitude, ce sont déjà des Nimbostratus. Comme au Puy de Dôme, les Cumulus sont les plus difficiles à étudier, car ils environnent souvent la montagne sans que le brouillard soit proche du sol; en outre, ils ne sont pas homogènes, et sont animés de mouvements de convection.

Des mesures analogues ont été faites sur des nuages de type intermédiaire :

| | R. | $l$. | $m.10^6$. | N. |
|---|---|---|---|---|
| Fracto cumulus | 5,1 | 68 | 0,435 | 790 |
| Strato cumulus ou Nimbo stratus | 8,4 | 57 | 0,860 | 345 |

Des essais ont été faits lorsque le niveau supérieur de la mer de nuages étant voisin de celui de la station, celle-ci se trouve dégagée par intermittences, de sorte qu'il est possible d'observer la partie supérieure de la couche nuageuse; les exemples suivants montrent que les dimensions des gouttes correspondent généralement à la définition du nuage vu de la plaine, et non pas à celle que l'on peut faire de la station, lorsque les observations sont contradictoires :

| Au Pic du Midi. | A Bagnères-de-Bigorre. | Rayon moyen. |
|---|---|---|
| Passages de cumulus. | Nimbo stratus | $12^{\mu},5$ |
| » | Couche de strato cumulus | $9^{\mu},2$ |

Si l'on compare les résultats exposés ci-dessus avec ceux que nous avons obtenus au sommet du Puy de Dôme, il en résulte que la constitution des nuages aux deux endroits est sensiblement la même, bien qu'en moyenne les dimensions des gouttes paraissent un peu supérieures au Pic du Midi. On peut en conclure que, dans nos régions du moins, les propriétés des nuages ne doivent pas dépendre sensiblement de l'endroit où ils se sont formés.

---

([6]) Le détail des mesures sera publié ultérieurement.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'origine des radicelles chez les Angiospermes.* Note de M. **Roger Berthon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Tous les traités de Botanique et même les Ouvrages élémentaires font, du développement des radicelles, un exposé classique. Les idées exprimées et même les coupes reproduites par les auteurs proviennent d'un gros Mémoire publié sur cette question par Ph. Van Tieghem et H. Douliot en 1888. Ce travail fut considéré comme définitif.

Rappelons tout d'abord les notions ainsi enseignées : les radicelles ont leur origine dans la prolifération d'un groupe de cellules du péricycle (*assise rhizogène*). Les cellules proliférantes constituent une ébauche de la radicelle qui s'accroît et sort à l'extérieur après avoir digéré sur son pourtour les cellules de l'écorce entravant sa progression. Cet acte digestif s'effectue soit directement par les cellules externes de l'ébauche, soit, le plus souvent, indirectement par une *poche digestive* ou *poche diastasique* qui a pour origine l'endoderme resté simple ou subdivisé et qui enveloppe toute l'ébauche et lui ouvre le passage.

Des observations récentes sont venues jeter le doute sur ces explications. En 1938, G. Whiting, dans une monographie anatomique de *Cucurbita maxima*, note que l'écorce participe à l'édification des radicelles comme le rapportait Ed. de Janczewski en 1874, idée que Van Tieghem et Douliot avaient rejetée.

D'autre part, au cours d'observations inédites sur des racines de Pois (*Pisum sativum*), Mangenot n'a trouvé trace ni de poche digestive, ni de phénomènes digestifs autour des ébauches des radicelles; il a vu l'ébauche radicellaire s'accroître par la différenciation de cellules du parenchyme cortical [1].

Des observations que nous avons faites sur 7 espèces (*Pisum sativum* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Lupinus albus* L., *Raphanus sativus* L., *Ricinus communis* L., *Cucurbita Pepo* L., *Zea Mays* L.) il résulte ce qui suit :

Les radicelles ne naissent pas chez toutes les espèces exclusivement aux dépens du péricycle de la racine principale comme l'admettaient Van Tieghem et Douliot. Parmi les espèces que nous avons étudiées, on peut, à cet égard, établir deux groupes :

Dans les espèces du premier groupe, Pois, Haricot, Lupin, Courge, les radicelles se forment à partir du péricycle, de l'endoderme encore incomplètement différencié et d'un certain nombre d'assises corticales (type Pois).

Dans les espèces du deuxième groupe, Radis, Ricin, Maïs, les radicelles se forment exclusivement aux dépens du péricycle (type Maïs).

Chez les plantes du type Pois, les premiers indices de la naissance d'une radicelle sont des cloisonnements tangentiels dans le péricycle d'abord, puis dans l'endoderme dont les parois ne présentent pas encore à ce niveau de stries

(1) Communication verbale.

de Caspary; enfin dans l'écorce. Les cellules corticales entourant l'ébauche ne sont altérées ni dans leur cytoplasme, ni dans leur noyau, comme le démontre l'étude cytologique (cytoplasme, chondriome et noyau ne présentent aucun indice d'altération). Les cellules corticales que Van Tieghem et Douliot considéraient comme des cellules en voie de digestion sont, au contraire, en voie de prolifération : leur cytoplasme devient plus dense (par régression des vacuoles), et l'on y voit de nombreuses figures mitotiques : elles se dédifférencient pour redevenir méristématiques et accroître ainsi l'ébauche radicellaire : en résumé, l'influence rhizogène s'étend dans l'écorce, et la radicelle y progresse en *tache d'huile*. Seules les deux ou trois assises corticales les plus externes sont rompues (mais sans aucun indice de processus digestif), lorsque, par suite de la prolifération de ses cellules, la radicelle sort à l'extérieur.

Chez les plantes du type Maïs, les ébauches radicellaires naissent dans le péricycle qui commence à se cloisonner alors que l'endoderme possède déjà ses épaississements. On ne voit jamais de cloisonnements, ni dans l'endoderme, ni dans l'écorce. L'ébauche radicellaire est nettement séparée des cellules corticales qui l'entourent. Elle s'accroît uniquement par une prolifération abondante des cellules du péricycle. En grandissant, l'ébauche comprime les cellules corticales. Autour d'elle, on observe des débris qui paraissent être les membranes des cellules écrasées; la racine mère se déforme sous la poussée, ses cellules corticales sont écartées pour livrer passage à l'ébauche radicellaire; les assises les plus externes sont rompues. On ne voit en aucun cas trace de phénomènes de digestion.

De toute façon, quel que soit le groupe auquel appartient la plante étudiée, nous n'avons pu caractériser ni poche digestive individualisée, ni phénomène de digestion direct ou indirect. Les efforts mécaniques décrits ci-dessus, visibles sur les coupes, suffisent à expliquer la sortie des radicelles, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir un processus digestif dont Van Tieghem et Douliot n'avaient donné dans leur Mémoire aucune preuve histologique, cytologique ou physiologique.

Une relation, jusqu'ici insoupçonnée, paraît exister entre le mode de formation de l'ébauche radicellaire et l'état de différenciation de l'endoderme au niveau où apparaît cette ébauche.

Dans les espèces où les ébauches apparaissent à un niveau où la différenciation de l'endoderme n'est pas encore achevée, elles intéressent à la fois le péricycle, l'endoderme indifférencié et l'écorce (type Pois); dans les espèces où les ébauches apparaissent sous l'endoderme déjà différencié, leur origine est purement péricyclique (type Maïs).

Cette différence de comportement pourrait être expliquée par l'obstacle qu'opposerait la barrière endodermique à la diffusion des hormones rhizogènes ou bien par le fait que les épaississements subérifiés seraient, pour l'endoderme, la marque d'une différenciation trop poussée pour être réversible.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Fumariacées. L'origine et les premières divisions de la cellule embryonnaire proprement dite chez l'*Hypecoum procumbens *L.* Note (1) de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Pour interpréter rationnellement les processus selon lesquels la cellule embryonnaire proprement dite se différencie aux dépens de la cellule primordiale, il est nécessaire de tenir compte de la direction que prend l'axe de croissance et de disposer les figures verticalement selon cet axe. On peut établir, de la sorte, que la première cloison est oblique sur l'axe (*fig.* 1), que la

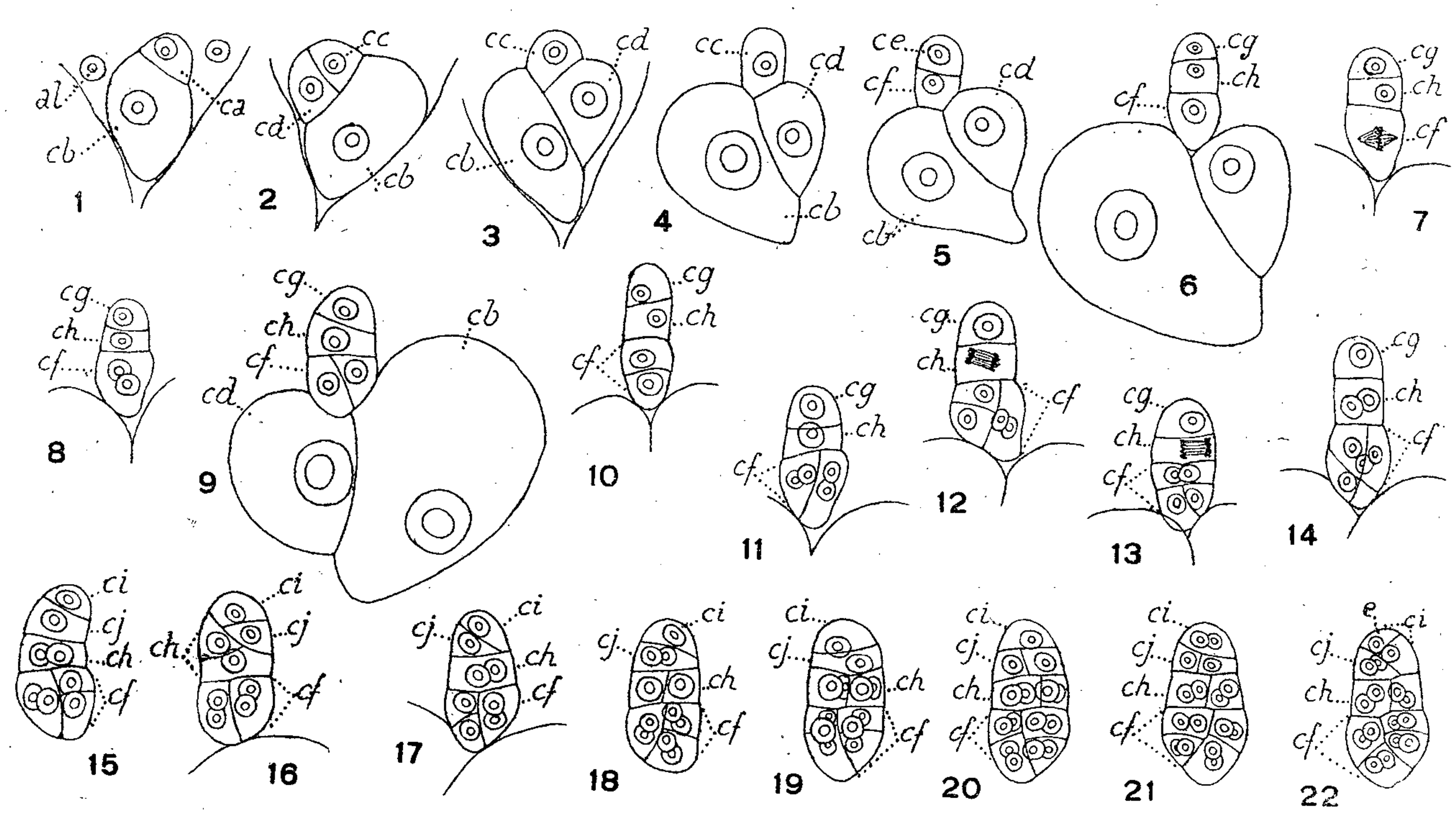


Fig. 1 à 22. — *Hypecoum procumbens* L. — Les premières segmeutations de l'œuf. *al.* albumen; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc*; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou groupe hypophysaire; *cg*, cellule-fille supérieure de *ce*; *ch*, cellule-fille inférieure de *ce* ou octants inférieurs; *ci* et *cj*, cellules-filles de *cg* ou octants supérieurs; *e*, épiphyse. G. = 350.

deuxième, partageant la cellule apicale en deux éléments, *cc* et *cd*, est oblique de la même manière et normale à la précédente (*fig.* 2). Il peut ainsi être mis en lumière que les deux cellules-sœurs, *cc* et *cd*, ne sont pas homodynames : la première, englobant seule le pôle germinatif, produit l'embryon; l'autre se convertit, comme la cellule basale, en une vésicule haustoriale. Les deux vésicules représentent le suspenseur proprement dit; leur véritable origine, méconnue par Hegelmaier en 1878, fut établie par Guignard en 1903. Pour ce qui concerne le développement ultérieur de l'embryon, on ne peut aujourd'hui faire état des détails fournis par Hegelmaier, quoique certains offrent encore quelque intérêt.

(1) Séance du 22 février 1943.

Les figures 3 et 4 montrent comment la cellule *cc* se sépare de sa sœur et s'allonge selon l'axe de croissance. Elle s'est divisée, en 5, en deux éléments superposés *ce* et *cf*; en 6, *ce* s'est à son tour cloisonné transversalement pour engendrer deux nouveaux éléments *cg* et *ch*; à peu près en même temps, *cf*, par une cloison oblique voisine de la verticale, s'est partagé en deux éléments juxtaposés légèrement dissemblables (*fig.* 7, 8, 9). Au terme de la deuxième génération aux dépens de *cc*, s'est ainsi constituée une tétrade en T renversé. Exceptionnellement, la cellule *cf* prend une cloison transversale qui fait apparaître une tétrade linéaire (*fig.* 10, 13).

Ce sont les cellules-filles de *cf* qui se divisent ensuite tout d'abord, l'une, la plus grande, transversalement, l'autre, longitudinalement, pour donner quatre éléments qui se groupent en tétraèdre (*fig.* 11, 12, 15, 16, 17). Dans le cas de la tétraèdre linéaire, les deux cellules-filles de *cf* se segmentent verticalement pour donner deux dyades superposées (*fig.* 13). Peu après, le blastomère *ch* se segmente longitudinalement pour engendrer deux éléments juxtaposés (*fig.* 15, 17, 18) et le blastomère *cg* transversalement pour donner deux éléments superposés *ci* et *cj* (*fig.* 15). Dans l'embryon octocellulaire formé au terme de ces divisions, les 4 éléments supérieurs, disposés à leur tour en tétrade en T renversé, représentent des quadrants. Parfois, les cloisons se disposent obliquement dans *ch* et dans *cg* comme le montrent les figures 16 et 17.

Par une nouvelle série de bipartitions, se constitue un proembryon hexadécacellulaire. Dans les 4 éléments issus de *cf* (*fig.* 17), les nouvelles cloisons sont le plus souvent normales aux précédentes (*fig.* 18, 19, 20); elles font apparaître, dans cette région, deux étages cellulaires et disparaître, en même temps, toutes différences entre formes dérivant de la tétradre en T renversé ou de la tétrade linéaire. Les deux cellules juxtaposées, en *ch*, par divisions verticales, produisent 4 cellules circumaxiales (*fig.* 19 à 22); enfin les éléments *ci* et *cj* se segmentent, par des parois plus ou moins voisines de la verticale, en deux éléments juxtaposés (*fig.* 18, 20). La figure 21 représente le proembryon à 16 cellules type. En 22, on observe, au sommet, 4 éléments disposés en tétraèdre; cette forme dérive de celle qui est figurée en 17. Les quatre éléments supérieurs issus de *ci* et de *cj* correspondent à des octants supérieurs; les quatre éléments produits par *ch* représentent des octants inférieurs.

Chez l'*Hypecoum procumbens*, comme chez le *Fumaria officinalis* (²), l'embryon tout entier se développe aux dépens de la cellule *cc*, petite-fille de l'oospore. La cellule basale, *cb*, et la cellule *cd*, sœur de *cc*, se transforment, chez l'*Hypecoum*, en grosses vésicules; elles se segmentent, chez le *Fumaria*, en nombreux macromères; en outre, dans ce dernier cas, elles prennent naissance par cloisons nettement transversales et restent superposées, tandis que, dans le premier cas, elles se séparent par des cloisons obliques et arrivent à se disposer côte à côte. Mais il existe entre les deux espèces d'autres différences essentielles, résidant dans l'origine et les destinées des blastomères chargés de potentialités constructives.

---

(²) F. HEGELMAIER, *Vergleich. Unters. über Entwickl. dikot. Keime*, Stuttgart, 1878; L. GUIGNARD, *Journ. de Bot. Morot*, 17, 1903, p. 33.

MICROBIOLOGIE AGRICOLE. — *Observations sur le mécanisme de la symbiose bactérienne chez les Légumineuses.* Note ([1]) de MM. **Albert Demolon** et **Antoine Dunez**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

S. Winogradsky ([2]) a montré que les nodosités, isolées des racines qui les portent, libèrent de façon continue de l'ammoniaque pendant un temps très long, sans manifester des signes d'épuisement. Bien que le phénomène présente dans ces conditions une activité beaucoup moindre qu'au champ, on a cependant la possibilité de l'étudier ainsi *in vitro*. Nous avons adopté, dans ce but, la technique suivante permettant de doser à la fois $NH^3$ et $CO^2$.

*Technique.* — Les nodosités sont détachées des racines soigneusement lavées et désinfectées en surface par un séjour de 10 minutes dans une solution de *germisan* à 5 $^0/_{00}$, suivi de lavages dans de l'eau distillée stérile. Elles sont ensuite broyées aseptiquement et placées sur un entonnoir cylindroconique stérile à plaque poreuse de $30^{cm^3}$ de capacité. Cet appareil peut être traversé par un courant gazeux bien exempt de $NH^3$ et $CO^2$. Des barboteurs à disques en verre poreux ont été utilisés pour fixer $NH^3$ entraîné dans $SO^4H^2$ (N/100), et $CO^2$ dans une solution titrée de $KOH+Cl^2Ba$. Les expériences ont été effectuées à la température de 16 à 20°, c'est-à-dire dans des conditions voisines de celles réalisées dans le sol au cours de la végétation. En fin d'opération, on s'est assuré de l'absence d'infections secondaires.

*Observations expérimentales.* — Lorsqu'on suit la formation de $NH^3$ au cours du temps dans les nodosités fraîches, on obtient une courbe logarithmique qui, d'abord rapidement croissante, marque un ralentissement très marqué au bout de 48 heures. Si, à ce moment, on abandonne la masse au repos pendant quelques jours, le dégagement reprend, mais avec une intensité diminuée.

Le tableau ci-dessous montre que la formation de $NH^3$ dans les nodosités présente un parallélisme étroit avec la respiration des tissus radiculaires. Elle ne s'accompagne pas d'une augmentation appréciable de la quantité de $CO^2$ dégagé par ces tissus.

| Nombre d'heures | | 4. | 8. | 12. | 24. | 40. | 48. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nodosités (soja) | $NH^3$ (γ) | 28 | 60 | 78 | 132 | 196 | 232 |
| | $CO^2$ (mg) | 8 | 14 | 20 | 39 | 56 | 59 |
| | $(NH^3 \times 1000)/CO^2$ | 3,5 | 4,2 | 3,9 | 3,4 | 3,5 | 3,9 |
| Racines $CO^2$ (mg) | | 7 | 12 | 18 | 36 | 53 | 58 |

Le processus présente son intensité maxima au cours de la période de croissance active de la plante. Le dégagement a peu varié avec la nature des légumineuses et le volume des nodosités; rapporté à $1^g$ de nodosités fraîches,

([1]) Séance du 1er février 1943.

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 413.

il s'est élevé dans nos expériences à 200-300γ au cours des 48 heures suivant les cas.

Lorsque l'on compare une même légumineuse en terre saine et en terre fatiguée, on constate que le dégagement de $NH^3$ est considérablement diminué dans le second cas, qui s'accompagne d'une dégénérescence phagique des bactéroïdes.

*Action des gaz.* — En substituant à l'air d'autres atmosphères gazeuses, nous avons obtenu les résultats suivants :

| | | |
|---|---|---|
| $CO^2$ | pas de dégagement de $NH^3$ | inhibition temporaire avec reprise du dégagement en présence d'air. |
| H | » | |
| N | » | |
| O | suppression définitive de la formation de $NH^3$. | |
| $(CO^2\ 2/3) + (O\ 1/3)$ | pas de dégagement de $NH^3$. | |

Ces expériences établissent la nécessité de la présence de l'azote gazeux et d'une certaine proportion d'oxygène pour assurer le dégagement de $NH^3$ par les nodosités. Elles confirment, à cet égard, les observations d'Umbreit et Wilson ([3]) obtenues par la méthode manométrique de Warburg.

*Influence d'additions diverses.* — Les antiseptiques volatils, chloroforme ou toluène, n'ont pas modifié sensiblement le phénomène à la température de nos expériences. Il en a été de même pour l'apport de glucides ou de substances diverses fonctionnant généralement comme accepteurs d'hydrogène. L'addition d'extrait de levure a exercé une action nettement dépressive; enfin, une petite quantité d'un nitrate alcalin (1 ‰) a inhibé totalement le dégagement de $NH^3$, sans s'opposer d'ailleurs au dégagement de $CO^2$; ces faits tendent à établir que le processus enzymatique de la fixation est conditionné par la nutrition azotée du microbe.

Enfin signalons les deux faits suivants :

1° Des pulpes de racines aseptiques ensemencées avec le *B. radicicola* ont été examinées après prolifération du microbe; elles ont donné le même dégagement de $CO^2$ que le témoin non ensemencé, mais sans production de $NH^3$.

2° Aucun vaccin préparé à partir du *B. radicicola* n'a exercé d'influence sensible sur le développement de la légumineuse lorsqu'il était introduit dans le milieu de culture.

La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, dont le mécanisme est encore très controversé, apparaît à la lumière des observations précédentes comme un phénomène lié au développement du *B. radicicola* dans le cytoplasme et aux conditions de milieu résultant du métabolisme cellulaire; toute fixation cesse dans la plante en présence de nitrates ou lorsque la respiration est artificiellement suspendue. D'autre part la symbiose n'entraîne pas de variation notable de la quantité de $CO^2$ dégagée par les tissus radiculaires; elle ne comporte donc qu'une consommation faible de glucides.

---

([3]) *C. R. Ass. Intern. Sc. du Sol,* 3e Commission. New-Jersey, 1939, vol. A, pp. 29-31.

PHONÉTIQUE. — *Sur la phonétique statistique de la langue française.* Note de M. **Pierre Chavasse**, présentée par M. Camille Gutton.

Il existe peu d'informations sur la phonétique statistique de la langue française. Or, pour les recherches acoustiques de caractère subjectif portant sur la qualité de transmission d'un système acoustique, il y a souvent lieu de faire usage de phonèmes ou logatomes conventionnels, reproduisant statistiquement la trame phonétique du langage. Dans d'autres circonstances (télégraphie), c'est la composition statistique littérale du langage qui importe ([1]). Pour combler les lacunes qui semblaient exister à cet égard dans la littérature technique française, nous avons procédé à une analyse littérale et phonétique de textes littéraires extraits de 15 auteurs différents. Elle a porté sur 30000 sons et 39877 lettres qui ont été groupés dans les catégories correspondant aux 33 lettres et aux 38 sons suivants :

*Lettres.* — a, à, â, b, c, ç, d, e, é, è, ê, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, ô, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z.

*Sons.* — Pour les sons. on a adopté la représentation symbolique, tirée de celle de Michaelis et Passy :

| a | a fermé | é | é fermé | f | f | l | l | o | o fermé | œ̃ | un | t | t | z | z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ɑ | a ouvert | ɛ | ê ouvert | g | g dur | λ | ll mouillés | ɔ | o ouvert | p | p | u | ou | ʒ | g doux |
| ɑ̃ | an | ɛ̃ | in | j | i lié | m | m | ɔ̃ | on | r | r | oi | oi | oin | oin |
| b | b | ə | c simple | i | ı | n | n | ø | eu fermé | S | s | v | v | | |
| d | d | ə | c muet | k | c dur | p | gn | œ | eu ouvert | ʃ | ch | y | u | | |

Les résultats généraux sont résumés par les deux diagrammes ci-après, relatifs aux lettres et aux sons, dans lesquels chaque ordonnée traduit en centièmes la fréquence de retour du symbole porté en abscisses.

Les résultats varient peu d'un auteur à l'autre; la proportion des voyelles-lettres ressort à 45 % contre 55 % de consonnes-lettres. La proportion de sons de voyelles ressort à 49,31 % contre 50,69 % de sons de consonnes.

Le classement par ordre de fréquence décroissante est :

*a* pour les lettres : E, S, I, N, T, A, U, R. L, O, D, C, M, P, É, V, Q, F, B, H, G, J, À, È, X, Ê, Y, Z, Â, Ç, O, W, K.

*b* pour les sons : e, r, l, i, s, t, a, ə̤, ə, d, k, p, ã, m, ε, y, n, o, u, v, ∂̃, z, f, ʒ, b, ε, ∂, oi, a, j, ø, g, ʃ, œ̃, œ, λ, p, oin.

Si l'on ne distingue pas les lettres accentuées des lettres ordinaires, ce qui revient à ne considérer qu'un seul A, un seul E, un seul C et un seul O, on est

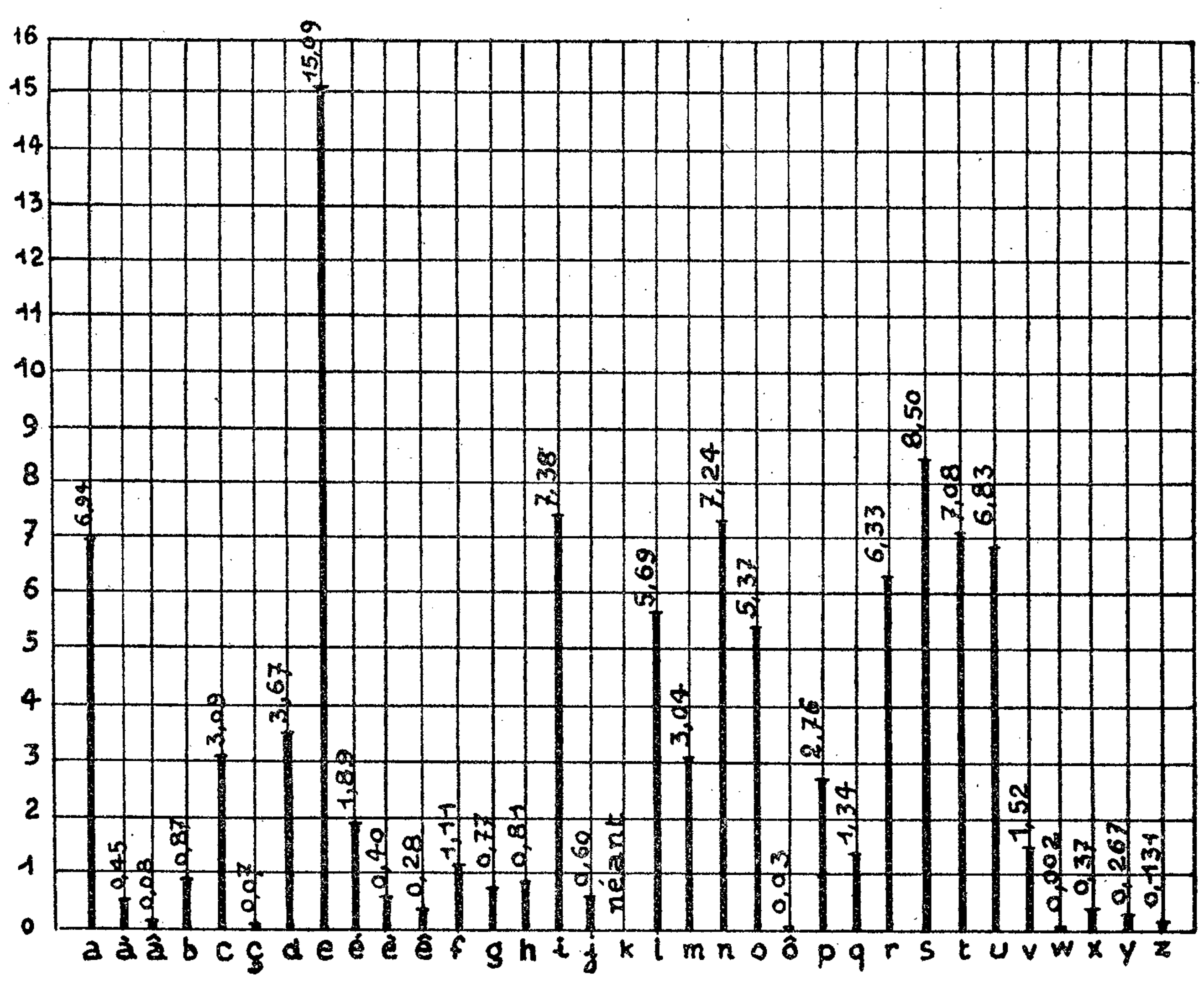
([1]) Voir les dépouillements par lettres de Vésins, Kerchoffs, de Bazéries, Valério, de Viaris.

conduit, pour les lettres, au classement simplifié :

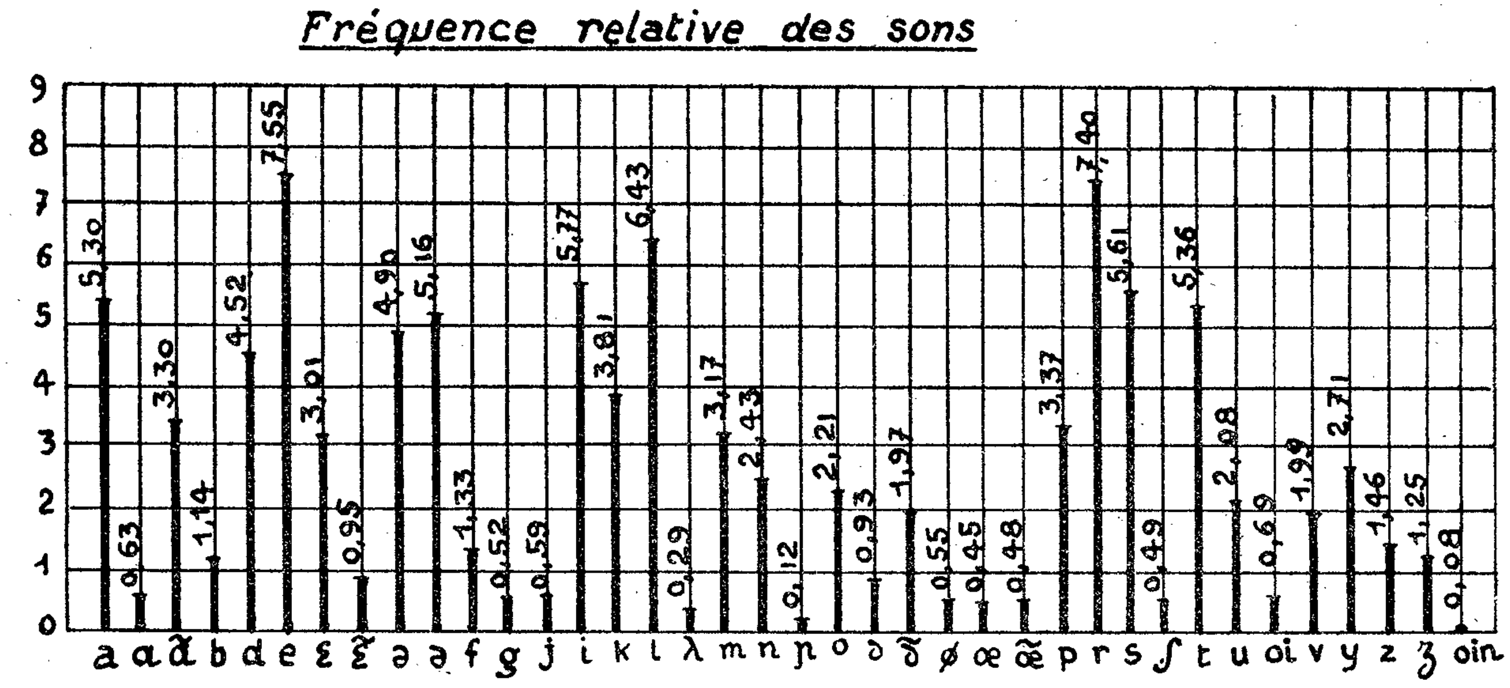
E S A I N T U R L O D C M P V Q T B H G J X Y Z W . . . (K).

Le K qui, comme le W, n'est pas d'origine française n'a pas été rencontré une seule fois.

Fréquence relative des lettres



Fréquence relative des sons



Un dépouillement complémentaire, effectué sur des groupes de 2 ou 3 consonnes BL, CL, CR, STR, a permis de constater assez curieusement que leur fréquence de retour globale était nettement plus élevée dans les articles divers d'un journal quotidien (0,17), que dans un article de fond (0,10) ou dans un livre littéraire de style châtié (0,085). A cet égard, le choix des

mots et la pureté de leur origine semblent exercer une influence d'ailleurs parfaitement explicable.

On peut encore noter que les 10 premières lettres ont une fréquence globale de 79,6, c'est-à-dire forment réellement la trame de l'écriture, alors que les 5 dernières ne représentent que 1,37.

PHARMACODYNAMIE. — *Vulnérabilité spéciale du système porte vis-à-vis de certaines substances thromboplastiques.* Note de M. **Ivan Bertrand**, M[lles] **Thérèse Gayet-Hallion** et **Denise Quivy**.

Au cours de recherches concernant l'action coagulante comparée de divers organes normaux et pathologiques, nous avons été amenés à envisager chez le Chien l'effet thrombosant d'extraits de cerveau. A cet effet des cerveaux de diverses provenances (Homme ou Chien) ont été desséchés le plus rapidement possible et à une température ne dépassant pas 38°. Les poudres obtenues, conservées à la glacière, gardent leur activité sans atténuation notable pendant plusieurs mois. A l'aide de l'absorptiomètre photoélectrique Spekker, nous nous sommes assurés de l'intensité de l'effet thrombocinétique qu'exerce chacune d'elles sur un échantillon de plasma citraté de Chien. Pour chaque expérience des macérations sont préparées extemporanément selon une technique apparentée à celle de Quick ([1]).

Avec une même poudre, l'action obtenue dépend essentiellement de la dose injectée, et à un moindre degré de la sensibilité individuelle; une dose de 0,40 à 0,50 g./kg déclenche une mort presque instantanée ([2]), l'injection intraveineuse étant suivie d'une brève hyperpnée (20-40 secondes), puis d'une apnée définitive et d'un effondrement de la pression artérielle, accompagnées parfois de quelques mouvements convulsifs. L'autopsie aussitôt pratiquée montre une coagulation massive de tout le système veineux et parfois même des artères; un énorme caillot moule les cavités droites du cœur; le parenchyme pulmonaire apparaît le plus souvent intact, mais avec une teinte carmin généralisée.

Pour obtenir des phénomènes de coagulation moins étendus, nous avons, dans une autre série d'expériences, administré à des chiens les doses nettement subléthales de 0,20 à 0,30 g./kg. Nous les avons ensuite sacrifiés une heure après l'injection; dans quelques cas seulement, à cause des difficultés actuelles, nous les avons maintenus en observation pendant plusieurs jours. L'administration intraveineuse de ces petites doses provoque un choc léger, se mani-

([1]) A. J. Quick, *J. Amer. Med. Assoc.*, 14 mai 1938, pp. 1658-1662.

([2]) Ce phénomène de mort brutale avait déjà été signalé chez le Lapin, en particulier par H. Roger (*C. R. Soc. Biol.*, 2, 1911, pp. 196-198), C. R. Mills (*J. Biol. Chem.*, 46, 1921, pp. 135-165), G. Guareschi (*Ateneo Parmense*, 2e série, 8, 1936, pp. 75-99) etc., qui utilisaient divers extraits tissulaires.

festant par une hypotension de 6 à $8^{cm}$ de Hg, tantôt fugace, tantôt persistant quelques minutes, et par des phénomènes respiratoires consistant en une hyperpnée, suivie d'une apnée prolongée et parfois d'un rythme de Cheyne-Stokes. Au bout d'une heure, la pression artérielle étant parfaitement restaurée et la respiration redevenue régulière, il ne subsiste plus comme anomalie que de légères modifications de l'électrocardiogramme.

Cette restauration fonctionnelle apparente laisse peu soupçonner la gravité et l'extension de lésions organiques, susceptibles d'entraîner la mort de l'animal à brève échéance; celles-ci nous ont été révélées par une autopsie systématique, pratiquée une heure après le choc sur l'animal tué par saignée. Les poumons, dans 70 % environ des cas positifs, présentent des infarctus plus ou moins étendus, localisés habituellement dans les lobes postérieurs. Si le cœur gauche est normal, les cavités droites par contre renferment assez fréquemment des caillots adhérant à la valvule tricuspide, et plus rarement quelques ecchymoses endocardiques; dans les cas plus graves, un caillot allongé s'engage parfois dans l'artère pulmonaire.

Mais le phénomène le plus constant, et vraisemblablement le plus précoce, consiste en une thrombose de la veine porte, débutant à 1 ou $2^{cm}$ au-dessous du foie et s'étendant le plus souvent aux ramifications intrahépatiques. Dans cette thrombose tronculaire et terminale, pour employer la terminologie de Josselin de Jong ([3]), l'oblitération vasculaire est plus ou moins complète ([4]).

Même thrombose portale chez un Chien sacrifié, en pleine santé apparente, neuf jours après l'injection; un caillot volumineux et organisé occupait l'extrémité supérieure du tronc porte et s'engageait dans la partie droite du sinus sous-hépatique, pénétrant dans un des petits lobes du foie, dont l'aspect jaunâtre le distinguait des autres; le seul symptôme présenté par cet animal avait été une diarrhée sanglante transitoire la nuit qui avait suivit l'intervention. Chez un autre Chien, mort après 40 heures, une trhombose porte purement tronculaire s'accompagnait cependant de sphacèle d'une anse grêle.

Cette sensibilité particulière du système porte est peu connue ([5]). Seule parmi les gros troncs veineux, la veine fémorale au voisinage de l'artère crurale présente une fragilité aussi grande. Par contre il faut des doses mortelles pour entraîner l'oblitération de la veine cave inférieure. L'opposition entre le comportement des veines cave et porte, qui semble attribuable en partie à une différence de décharge d'héparine au niveau de ces deux vaisseaux,

---

([3]) DE JOSSELIN DE JONG, *Mitt. Grenzgeb. Mediz. u. Chir.*, **24**, 1912, pp. 160-194.

([4]) Dans les cas mortels signalés précédemment, cette thrombose était étendue à tout le système porte et comprenait pas conséquent aussi la zone radiculaire : veines mésentériques, gastro-splénique etc.

([5]) Nous n'avons pu prendre connaissance des travaux déjà anciens (1893) de Wooldridge, qui a décrit une thrombose exclusivement portale chez des animaux à jeun ayant reçu des extraits tissulaires.

en partie à l'existence chez le Chien d'un système de blocage hépato-portal (⁶), nous a paru intéressante à signaler. Nous nous proposons de suivre l'évolution de ces thromboses et d'en étudier les causes déterminantes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation concomitante de lipides et d'alcool par* Sterigmatocystis nigra. Note de MM. **Raymond Jacquot** et **Roger Raveux**, présentée par M. Maurice Javillier.

Cultivé sur liquide de Raulin, *Sterigmatocystis nigra* se comporte en aérobie strict : les bilans montrent en effet que le carbone qu'il utilise se retrouve intégralement dans le mycélium et dans le $CO^2$ dégagé. Il n'en est plus de même lorsque cette moisissure se développe sur un milieu déséquilibré dont on augmente la concentration en sucres, sans faire varier l'apport minéral. Dans ces conditions le *Sterigmatocystis nigra, organisme oxydant banal, se transforme en agent fermentaire et devient producteur de corps volatils et notamment d'alcool éthylique*, caractérisé par la réaction de l'iodoforme et son oxydation en acétaldéhyde. Voici à titre d'exemple quelques valeurs expérimentales, obtenues avec différentes souches cultivées sur liquide de Czapek, renfermant 0,5 % de sulfate d'ammonium et des taux variables de sucres.

| | Mycélium sec (mg). | | Alcool (*a*). | |
|---|---|---|---|---|
| Glucose %... | 3 | 30 | 3 | 30 |
| Souche 16 | 415 | 569 | 0 | 51 |
| | 405 | 524 | 0 | 29 |
| » 46 | 381 | 748 | 0 | 137 |
| | 380 | 696 | 0 | 173 |
| » 76 | 447 | 502 | 0 | 178 |
| | 442 | 462 | 0 | 226 |
| » 106 | 428 | 1256 | 0 | 158 |
| | 416 | 895 | 0 | 247 |
| » 315 | 324 | 718 | 0 | 82 |
| | 334 | 632 | 0 | 140 |
| Lévulose %... | 3 | 30 | 3 | 30 |
| Souche 16 | 375 | 450 | 0 | 40 |
| 46 | 370 | 640 | 0 | 142 |
| 76 | 415 | 615 | 0 | 198 |
| 106 | 390 | 610 | 0 | 237 |
| 315 | 330 | 625 | 0 | 54 |

(*a*) et autres produits volatils exprimés en alcool (mg).

Dans ces expériences le rapport mycélium sec/sucre disparu est en moyenne de 0,33 en vie aérobie et de 0,23 lorsqu'il y a production d'alcool.

On sait par ailleurs que les milieux déséquilibrés provoquent un accrois-

(⁶) A. Gilbert et M. Villaret, *C. R. Soc. Biol.*, 67, 1909, pp. 19-21; L. B. Arey et J. P. Simonds, *Anat. Rec.*, 18, 1920, p. 219; H. Mautner et E. P. Pick, *Münch. med. Woch.*, 2, 1915, pp. 1141-1143 et *Biochem. Z.*, 127, 1922, pp. 72-93.

sement très marqué de la teneur lipidique des moisissures. Nous avons recherché, en augmentant progressivement la concentration du glucose, s'il existait une relation entre la lipogénèse et la fermentation alcoolique. Voici les résultats :

| Concentr. du glucose %. | Poids secs des mycéliums (g). | Lipides totaux (mg). | Alc. formé et aut. prod. vol. exp. en alc. (mg). | Lipides (mg) par g de mycélium sec. | Observations : Source azotée. Durée. |
|---|---|---|---|---|---|
| 3.......... | 1,83 | 154 | 0 | 84,5 | |
| 15.......... | 3,57 | 527 | 317 | 147 | 0,5 % |
| 22.......... | 3,97 | 543 | 516 | 137 | $SO^4(NH^4)^2$ |
| 30.......... | 3,51 | 334 | 331 | 95 | 98 h |
| 40.......... | 3,31 | 456 | 469 | 138 | |
| 3.......... | 1,75 | 163 | 0 | 93 | |
| 15.......... | 4,13 | 582 | 458 | 141 | 0,5 % |
| 22.......... | 4,06 | 457 | 395 | 112 | $SO^4(NH^4)^2$ |
| 30.......... | 4,05 | 233 | 376 | 57 | 6 j |
| 40.......... | 3,36 | 229 | 482 | 68 | |
| 3.......... | 1,73 | 178 | 0 | 102 | |
| 15.......... | 3,65 | 729 | 790 | 200 | 0,3 % |
| 22.......... | 5,48 | 1405 | 780 | 257 | $NO^3(NH^4)$ |
| 30.......... | 2,74 | 190 | 685 | 69 | 98 h |
| 40.......... | 1,53 | 122 | 388 | 79 | |
| 3.......... | 1,55 | 163 | 0 | 105 | 0,83 % |
| 15.......... | 4,78 | 985 | 722 | 206 | $NO^3K$ |
| 22.......... | 3,33 | 664 | 656 | 199 | 98 h |
| 30.......... | 1,42 | 190 | 420 | 133 | |

Sans qu'il y ait proportionnalité, on voit cependant qu'alcool et lipides varient sensiblement de manière parallèle. Il est intéressant en outre de remarquer que les plus fortes productions de graisses et d'alcool s'observent aux taux de 15 à 20 % et non pas à des concentrations plus élevées en glucose, cela quelle que soit la source azotée dont dépendent les variations de pH durant la croissance.

La fermentation alcoolique qui accompagne la lipogénèse du *Sterigmatocystis nigra* est très intense : certaines souches produisent 215$^{mg}$ d'alcool par gramme sec de mycélium.

Nos recherches actuelles ont pour but de connaître la signification physiologique de ces phénomènes, qu'on ne saurait imputer à l'autolyse étant donnée la faible durée des cultures. On ne peut que difficilement concevoir le stade alcool comme terme intermédiaire du métabolisme lipidique. Nous admettons provisoirement qu'il s'agit de deux processus sans relations profondes.

A 15$^h$30$^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15$^h$45$^m$. A. Lx.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE FÉVRIER 1943 (*suite*).

*Les slogans de la médecine,* par AUGUSTE LUMIÈRE. Lyon, Imprimerie Léon Sézanne, 1941, 1 vol. 22$^{cm}$,5.

*Les lois de la pathologie générale et les Doctrinaires malfaisants. Vues nouvelles et rappels nécessaires,* par AUGUSTE LUMIÈRE. Lyon, Laboratoire Lumière, 1942; 1 fasc. 21$^{cm}$.

*Les fossoyeurs du progrès. Les mandarins contre les pionniers de la science,* par AUGUSTE LUMIÈRE. Lyon, Imprimerie Léon Sézanne, 1942; 1 vol. 22$^{cm}$,5.

*Quelques opinions sur le livre d'Auguste Lumière. Tuberculose, hérédité et contagion;* premier, deuxième et troisième fascicules, s. d.; 3 fasc. polycopiés, 27$^{cm}$.

*Quelques opinions sur les livres d'Auguste Lumière. Tuberculose, hérédité et contagion, et Hérédo-Tuberculose;* quatrième fascicule polycopié; cinquième et sixième fascicules imprimés, s. d.; 3 fasc. 27$^{cm}$.

*Les Annales des Laboratoires A. Lumière de physiologie expérimentale et de pharmacodynamie.* Lyon, Édités par la Société des brevets Lumière, 1922, 1924 à 1927, 1929 à 1934, 1937 à 1941; 16 fasc. 27$^{cm}$.

*Nomenclature des principaux travaux scientifiques,* par AUGUSTE LUMIÈRE. 1887-1940. Lyon; Imprimerie Sézanne, 1940; 1 fasc. 27$^{cm}$.

*Notice sur les titres et travaux d'Auguste Lumière de* 1887 *à* 1940. Lyon, Imprimerie Léon Sézanne, 1940; 1 fasc. 27$^{cm}$.

*Louis De Launay* (1860-1938). Tours, Arrault et C$^{ie}$, s. d.; 1 vol. 23$^{cm}$,5.

Secrétariat d'état aux Colonies. Direction du service de santé. *La situation sanitaire de l'Empire français, pendant l'année* 1940, par le Médecin-Colonel LE GALL. *Protection de la maternité et de l'enfance indigènes pendant l'année* 1940, par le Médecin-Colonel GIORDANI. Paris, Limoges, Nancy, Charles Lavauzelle et C$^{ie}$, 1943; 1 vol. 25$^{cm}$,5.

*La planète Mars en* 1941, par G. ORIANO DE VAUCOULEURS. Extrait de l'*Astronomie*. Publication de l'Observatoire de Houga, n° 3 (Gers), 1942; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*Ved W.C. Brøggers Bortgang, Gravferd og Minnemøte.* Oslo, Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo, 1940; 1 vol. 24$^{cm}$.

Grandes encyclopédies industrielles J.-B. Baillière. *Traité théorique et pratique de topométrie* (*Planimétrie et Altimétrie*), par EUGÈNE PRÉVOT et PAUL COTTINET. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1934; 1 vol. 23$^{cm}$,5 (présenté par M. G. Perrier).

Que sais-je ? *Les étapes de la métallurgie*, par LÉON GUILLET. Paris, Presses universitaires de France, 1942; 1 vol. 18$^{cm}$.

*Oesling et Gutland. Morphologie du bassin ardennais et luxembourgeois de la Moselle,* par GEORGES BAECKEROOT. Paris, Armand Colin, 1942; 1 vol. 25$^{cm}$,5 (présenté par M. Em. de Martonne).

Encyclopédie biologique. XXII. *Les caféiers du globe.* Fascicule II. *Iconographie des caféiers sauvages et cultivés,* par AUGUSTE CHEVALIER. Paris, Paul Lechevalier, 1942; 1 vol. 29$^{cm}$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 8 MARS 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Georges Perrier**, en présentant à l'Académie les *Rapports du Comité national français de Géodésie et Géophysique pour les années* 1939 *et* 1940, réunis en une seule brochure, s'exprime en ces termes :

Malgré les difficiles conditions de ces dernières années, le Comité national français de Géodésie et Géophysique n'a pas interrompu son activité.

Ce Comité, primitivement constitué en 1920 sur l'initiative de l'Académie des Sciences, qui en a désigné les premiers membres, joue, en France, le rôle de Correspondant de l'Union géodésique et géophysique internationale. Le Gouvernement lui attribue une subvention annuelle qui est en ce moment de 20000$^{fr}$, payés par le Centre national de la Recherche scientifique.

Son Président est M. Alfred Lacroix, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences; il a pour Secrétaire général le Général G. Perrier, membre de cette Académie. Depuis que ce dernier remplit ces fonctions (juillet 1926) les Rapports annuels du Comité ont été imprimés sous forme de brochures dont quelques-unes se rapportent à plusieurs années. Il y a donc en ce moment, jusqu'à la dernière, relative aux années 1939 et 1940, 15 Rapports du Comité national français de Géodésie et Géophysique.

Chacun d'entre eux contient le Compte rendu de l'Assemblée générale annuelle, les Rapports des 7 Sections du Comité (Géodésie, Séismologie, Météorologie, Magnétisme et Électricité terrestres, Océanographie physique, Volcanologie, Hydrologie scientifique), enfin un Annuaire donnant la composition du Comité, c'est-à-dire la liste de ses membres (noms, fonctions, adresses), leur répartition entre les Sections, les Bureaux du Comité et des Sections.

Les Rapports des Sections comportent chaque année de brèves Notices nécrologiques sur les membres du Comité décédés pendant l'année précédente, un exposé des travaux des Sections pendant ladite année, enfin, s'il y a lieu, les vœux et résolutions de celles-ci qui sont soumis à l'approbation du Comité en Assemblée générale.

Les Rapports pour les années 1939 et 1940, publiés ensemble par le Secrétaire général G. Perrier, assisté du Secrétaire adjoint P. Tardi, viennent d'être tirés à 1000 exemplaires. Ils seront largement répandus, comme d'habitude, en France et dans les pays étrangers, mais, pour le moment seulement dans ceux auxquels il est possible actuellement d'envoyer des publications.

Parmi les principaux membres du Comité décédés pendant les années 1939 et 1940, citons pour la Section de Géodésie :

MM. Eugène Fichot, membre de l'Académie des Sciences; le Vice-Amiral Pirot, membre du Bureau des Longitudes; le Général Bellot, Directeur honoraire du Service géographique de l'Armée; Fernand Holweck, Maître de Conférences adjoint à l'Institut du Radium de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, dont le nom restera attaché à l'invention du gravimètre Holweck-Lejay, instrument qui a apporté des facilités jusqu'alors inconnues pour la détermination de l'intensité de la pesanteur, tout en réalisant la précision désirée; l'Ingénieur-Hydrographe en chef L. Driencourt, qui fut avec A. Claude l'inventeur de l'astrolabe à prisme, précieux instrument pour la détermination rapide et exacte des coordonnées géographiques d'une station.

Les Rapports de la Section de Géodésie font spécialement mention des progrès du réseau gravimétrique français, œuvre principale à laquelle se consacre aujourd'hui cette Section sous l'autorité d'une Commission de l'Intensité de la Pesanteur présidée par le Général G. Perrier. Cette Commission fonctionne depuis le mois de mai 1931, et, depuis lors, chaque année, pendant la belle saison, des observateurs qualifiés ont parcouru les diverses régions de la France en déterminant l'intensité relative de la pesanteur en de très nombreuses stations au moyen d'appareils dont le gravimètre Holweck-Lejay est le plus pratique et celui qui est aujourd'hui universellement employé.

Parmi les observateurs qui ont joué dans ces travaux un rôle de premier plan citons :

Le R. P. Pierre Lejay, Directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Weï [près Changaï (Chine)] dont les déterminations ne se sont pas bornées à la France, mais qui a opéré aussi au Levant et en Extrême-Orient. Raoul Goudey, Astronome adjoint à l'Observatoire de Besançon. Jean Lagrula, Astronome adjoint à l'Observatoire de la Bouzaréah (Alger), auteur de nombreuses déterminations dans l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie). Les résultats numériques de ces observations ont été présentés à l'Académie des Sciences et publiés dans ses *Comptes rendus*. Ils ont été traduits graphiquement par des cartes des courbes isanomales. Citons spécialement la Carte gravimétrique de la France, établie par les soins de Raoul Goudey et insérée en 1939 par Emmanuel de Martonne dans l'*Atlas de la France* en cours de publication. Elle fournit,

d'après 570 déterminations exécutées de 1932 à 1939, les courbes isanomales d'après les anomalies, dites de Bouguer, par rapport aux intensités normales calculées par la formule de Helmert 1901.

Les Rapports de la Section de Géodésie du Comité national font mention également des activités des différents Services qui s'occupent de Géodésie : le Service géographique de l'Armée devenu aujourd'hui Institut géographique national, le Service hydrographique de la Marine qui a conservé son nom et son individualité, et enfin le Service du Nivellement général de la France rattaché à l'Institut géographique national.

Les Rapports des autres Sections témoignent qu'elles ne font pas preuve d'une moindre activité que la Section de Géodésie. Signalons spécialement ceux du regretté Professeur Edmond Rothé, Directeur du Bureau séismologique international et du Bureau séismologique national, établis tous les deux à Strasbourg, mais évacués à Clermont-Ferrand depuis les événements de 1940. M. Ed. Rothé s'est efforcé de maintenir l'activité du Bureau international afin qu'il soit prêt plus tard à reprendre une vie nouvelle.

Une mention doit être faite également de la Commission scientifique de la Seine, créée dans la Section d'Hydrologie scientifique au mois de juin 1940 et qui, depuis cette époque, a montré la volonté de continuer à assurer ses fonctions et de poursuivre ses travaux scientifiques malgré les difficultés du moment.

Nous n'insisterons pas sur les travaux des autres Sections, Météorologie, Magnétisme et Électricité terrestres, Océanographie physique, Volcanologie, dont aucune n'a cessé de maintenir et même de développer son activité scientifique.

Les Bureaux de certaines Sections seront à reconstituer ultérieurement par suite des décès suivants :

Le Général A. Bellot, Vice-Président de la Section de Géodésie,

Ed. Rothé, Secrétaire de la Section de Séismologie,

E. Mathias, Vice-Président de la Section de Magnétisme et Électricité terrestres.

Les Rapports des années 1939 et 1940 contiennent d'intéressants détails sur le rôle joué par la France, en septembre 1939, à la 7<sup>e</sup> Assemblée générale de l'Union géodésique et géophysique internationale à Washington.

Notons en terminant que le Comité national continue encore à faire preuve d'une activité qui ne se démentira pas et que sa dernière Assemblée générale (dans laquelle ont été présentés les travaux de l'année 1942) a eu lieu le 16 janvier 1943.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes duaux de vecteurs dans l'espace hilbertien.* Note de M. **Gaston Julia.**

1. Une suite infinie de vecteurs $A_i$ admet (¹) une suite duale $B_k$, dont chaque vecteur appartient à $V = [A_1, A_2, \ldots]$, sous la condition nécessaire et suffisante qu'aucun $A_i$ n'appartienne à la variété $[A_1, \ldots, A_{i-1}, A_{i+1}, \ldots]$. Alors (1) $(A_i, B_k) = \delta_{ik}$ pour $i = 1, 2, \ldots, \infty$; $B_k$ est la solution de plus petit module du système (1); c'est aussi la limite forte, pour $n = \infty$, de $B_k^n$, le système $B_k^n (k = 1, 2, \ldots, n)$ étant le dual du système réduit $A_1, \ldots, A_n$ envisagé dans la variété $V_n = [A_1, \ldots, A_n]$. On a $B_k^n = P_{V_n} B_k$ pour $k \leqq n$. Le tableau des $B_k^n$ pouvant toujours se prolonger par $B_k^n = P_{V_n} B_k$, pour $k > n$, donne $B_k^n = 0$ pour $k > n$, et fournit la solution du problème des moments, (2) $(A_k, X) = \overline{\xi}_k$, par la formule vectorielle sommatoire toujours convergente $X = \lim$ forte de $\sum^{n} \overline{\xi}_k B_k^n$, remplaçant la série $\sum \overline{\xi}_k B_k$ qui, ne convergeant pas toujours fortement, ne fournit pas toujours la solution cherchée.

Dans une suite infinie quelconque $(A_i)$, sous-tendant une variété linéaire fermée $V = [A_1, A_2, \ldots]$, il peut arriver : 1° ou bien que l'enlèvement d'un vecteur $A_i$ n'altère pas la variété linéaire sous-tendue; $A_i$ est alors un *parasite* de la suite; 2° ou bien que l'enlèvement de $A_i$ restreigne effectivement la variété sous-tendue; $A_i$ est alors un vecteur *essentiel* de la suite. La variété V est évidemment identique à la variété sous-tendue par les vecteurs essentiels de la suite, et les vecteurs essentiels sont indépendants. Si V a un nombre fini de dimensions, les vecteurs essentiels sont en nombre fini; si V a une infinité de dimensions, ils sont en infinité dénombrable. La suite des vecteurs essentiels a toujours une duale qui possède, comme elle, un nombre fini ou une infinité de vecteurs.

2. Il est possible (²) de déterminer les coordonnées des $B_k$ par un système récurrent en choisissant pour base de V la base orthonormale d'E. Schmidt fournie par la suite $A_i$. Si $A_i = \overline{\alpha_{i1}} \varepsilon_1 + \ldots + \overline{\alpha_{ii}} \varepsilon_i$, la détermination des coordonnées de $B_k$ revient au calcul de la matrice récurrente $\|\beta_{ik}\|$ inverse de la matrice récurrente $\|\alpha_{ik}\|$. Alors $B_k = \sum_i \beta_{ik} \varepsilon_i$ existe à condition que $\sum_i |\beta_{ik}|^2$ converge. En notant que $\|\alpha_{ik}\|$ est la matrice, dans la base $\{\varepsilon_i\}$, de l'opérateur fermé $A^\star X = \sum_{i=1}^{\infty} \varepsilon_i (A_i, X)$ et $\|\beta_{ik}\|$ est la matrice dans cette base, de l'opérateur BX, défini par $BX = \sum_{i=1}^{\infty} x_k B_k$ lorsque cette série converge fortement,

(¹) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 257.
(²) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 466.

dont l'adjoint est $B^\star X = \sum \varepsilon_k(B_k, X)$, on obtient les relations $A^\star B = 1$ et $B^\star A = 1$, exprimant en particulier, $A^\star B_k = e_k$ et $B^\star A_k = e_k$.

3. Le dual $\{B_k\}$ du système $\{A_i\}$ joue un rôle essentiel dans la *structure du domaine d'existence* $D_{A^\star}$ de l'opérateur $A^\star$, lequel est composé des X pour lesquels $\sum |(A_i, X)|^2$ converge. $D_{A^\star}$ contient tout vecteur $B_k$, par suite tout vecteur $\beta_n = \sum^n b_k B_k$, car $(A_i, \beta_n) = 0$ pour $i > n$. Si donc la variété fermée $[B_1, B_2, \ldots]$, toujours intérieure à $V = [A_1, A_2, \ldots]$ est identique à V, le domaine $D_{A^\star}$ sera partout dense dans V et dans $\mathcal{H}$, ce qui, nous le verrons, n'arrive pas toujours. Plus généralement, considérons l'ensemble des valeurs $\delta_B$ que prend la série infinie $\sum b_k B_k$, lorsque $X = \sum b_k e_k$, $\left(\sum |b_k|^2\right.$ $\left.\text{convergente}\right)$, appartient au noyau $d_B$ de convergence forte de cette série; on a dans $\delta_B$, $\beta = \sum b_k B_k$ et $\sum |(A_i, \beta)|^2 = \sum |b_i|^2$; donc $\delta_B$ *appartient à* $D_{A^\star}$, ce que rappelle la relation $A^\star BX = X$ valable pour tout X de $d_B$. Plus généralement, $D_{A^\star}$ *contient* $\delta'_B$, *domaine des valeurs limites faibles* de $\sum b_k B_k$ lorsqu'elle converge faiblement $\left(\sum |b_k|^2 \text{ convergente}\right)$. Plus généralement encore, $D_{A^\star}$ *contient* $\delta''_B$, *ensemble de tous les points limites forts ou faibles* $\beta$ de $\sum^n b_k B_k$, pour $n = \infty$, lorsque $\sum |b_k|^2$ converge; car $\left(A_i, \sum^n b_k B_k\right) = b_i$ dès que $n \geqq i$, et pour un tel point limite $\beta$, on aura $(A_i, \beta) = b_i$ pour tout $i$, donc $\sum |(A_i, \beta)|^2$ convergera. Tous ces points $\beta$ appartiennent d'ailleurs à $[B_1, B_2, \ldots]$.

Enfin, lorsque $\sum |a_k|^2$ et $\sum |b_k|^2$ convergent, on a, entre deux points limites $\alpha$ et $\beta$, forts ou faibles, de $\sum^n a_k A_k$ et $\sum^n b_k A_k$,

$$(\alpha, \beta) = \lim_{i=\infty}\left(\alpha, \sum^{n_i} b_k B_k\right) = \lim_{i=\infty}\lim_{j=\infty}\left(\sum^{n'_j} a_k A_k, \sum^{n_i} b_k B_k\right);$$

et comme, pour $n'_j \geqq n_i$, la dernière parenthèse se réduit à $\sum^{n_i} \bar{a}_k b_k$, on aura

$$(\alpha, \beta) = \lim_{i=\infty}\left(\sum^{n_i} \bar{a}_k b_k\right) = \sum^{\infty} \bar{a}_k b_k.$$

4. Lorsque les $A_k$ définissent, par $A_k = A e_k$, un opérateur A borné,

de 1[re] ou 3[e] classe, les $B_k$ existent toujours ([3]) et définissent, par $B_k = B e_k$, un opérateur B borné, de 1[re] ou 3[e] classe. Si A est borné, de 4[e] classe, B n'est pas borné, lorsqu'il existe ([4]).

*A quelle condition générale doivent satisfaire les* $A_k$, *pour que* B *soit borné?* Il est clair qu'alors $\sum x_k B_k$ est fortement convergent pour tout $X = \sum x_k e_k$ de $\mathcal{H}$, et définit BX. On en déduit $A^\star BX = X$ pour tout X de $\mathcal{H}$; donc $\Delta_{A^\star}$, *domaine des valeurs de* $A^\star$, *est égal à* $\mathcal{H}$. Réciproquement, si $\Delta_{A^\star} = \mathcal{H}$, l'opérateur $A^\star$ est du type considéré par E. Schmidt, pour lequel les équations $(A_i, X) = y_i$, $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$, ont une solution pour tout $Y = \sum y_i e_i$ de $\mathcal{H}$. Donc le dual $\{B_k\}$ existe, il définit un opérateur borné B et l'on voit aisément que $A^\star$ est l'inverse à gauche de l'opérateur B; si B n'est pas de 1[re] ou 3[e] classe, il est de 4[e] classe, et $A^\star$ n'est pas borné; $D_{A^\star}$ n'est autre alors que $\Delta_B$, variété linéaire non fermée. E. Schmidt a donné une condition nécessaire et suffisante entre les $A_k$, pour que ce fait se réalise ([5]).

Dans tous les cas où B est borné, les $A_k$ sont soumis à des restrictions de répartition assez précises. Par exemple, ils ne peuvent avoir aucun point limite fort, et il est aisé de montrer que l'on a $\|A_p - A_q\| \geqq M_B^{-1}$, pour tous entiers $p$, $q$ distincts, $M_B$ étant la borne exacte de B.

5. Les $B_k$, dans tous les cas où ils existent, obéissent à des lois simples de répartition; en voici une. Supposons d'abord $V = [A_1, \ldots] = \mathcal{H}$. Alors la distance à $V_n = [A_1, \ldots, A_n]$ de tout point X de $\mathcal{H}$ tend vers zéro pour $n = \infty$, et celle de X à $\mathcal{H} - V_n$ tend vers $\|X\|$. Or $B_{n+1}, \ldots$ appartiennent à $\mathcal{H} - V_n$ et la distance de X à $B_i$, pour $i > n$, est supérieure ou égale à la distance de X à $\mathcal{H} - V_n$. Il en résulte aussitôt que $\underline{\overline{\lim}}_{i=\infty}$ (distance de X à $B_i$) $\geqq \|X\|$; or la distance de X à $B_i$ est toujours $\leqq \|X\|$; on conclut donc $\lim_{i=\infty}$ (distance de X à $B_i$) $= \|X\|$.

Considérons $\beta_i = B_i . \|B_i\|^{-1}$. La composante de X sur $B_i$ est $\beta_i . (\beta_i, X)$ et la distance de X à $B_i$ sera $[\|X\|^2 - |(\beta_i, X)|^2]^{\frac{1}{2}}$. Il en résulte que $\lim_{i=\infty} (\beta_i, X) = 0$ pour tout X de $\mathcal{H}$, c'est-à-dire que $\beta_i = B_i . \|B_i\|^{-1}$ *tend faiblement vers zéro.*

Lorsque $V < \mathcal{H}$, le même raisonnement vaut pour tout X de V, et on l'étend aussitôt à tout X de $\mathcal{H}$, car $X = X_1 + X_2$, $X_1 \in V$, $X_2 \in \mathcal{H} - V$, et $(\beta_i, X) = (\beta_i, X_1)$. Dans le cas où $[B_1, \ldots] = [A_1, \ldots]$, (qui n'est pas toujours réalisé), il y a réciprocité entre les $A_i$ et les $B_k$, on aura nécessairement la même propriété pour les $A_i$, c'est-à-dire que $A_i . \|A_i\|^{-1}$ tend faiblement vers zéro.

---

([3]) *Comptes rendus,* **213**, 1941, pp. 297-300.

([4]) *Comptes rendus,* **213**, 1941, pp. 465-469.

([5]) Voir G. Julia, *Journal de Mathématiques,* **17**, 1938, pp. 425-437.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Propriétés des perturbations magnétiques en baie.* Note [1] de MM. **Charles Maurain** et **Jean Coulomb**.

Nous avons indiqué [2] les répartitions annuelle et diurne à Paris des perturbations magnétiques en baie de durée supérieure à 30 minutes, dénommées par nous $PB_3$. Voici d'autres caractères de ces perturbations.

*Sens des déviations sur les composantes verticale* Z *et horizontale* H *du champ magnétique terrestre.* — Les PB sont généralement peu marquées sur Z; d'ailleurs l'appareil à couteaux (balance) à l'aide duquel se fait l'enregistrement de Z est moins sensible aux petites variations que les appareils à fil qui servent pour H et D, de sorte qu'un certain nombre de PB marquées sur H et D ne le sont pas nettement sur Z. Cependant une baie sur Z a été notée dans un grand nombre de cas; or dans tous ces cas, sauf deux, pour lesquels on peut soupçonner l'intervention d'une faible agitation magnétique, les variations sont de sens inverse sur Z et H; quand il y a augmentation pour H, il y a diminution pour Z, et inversement. Ce caractère a été noté déjà par Steiner. Il implique que la composante de la force perturbatrice dans le plan vertical de la force magnétique soit dans les quadrants autres que ceux contenant la force magnétique.

*Sens des déviations par rapport à celui de la variation diurne.* — Il y a intérêt à comparer le sens des variations qui constituent les $PB_3$ avec celui de la variation diurne, laquelle est liée à la radiation solaire ultraviolette. Étant données les différences que présente la variation diurne d'un élément magnétique, soit suivant l'époque de l'année, soit suivant l'état d'agitation magnétique, il est assez difficile de définir le sens de la variation diurne à un moment donné. En ce qui concerne notre étude, les choses sont facilitées par le fait qu'elle porte sur des PB qui se sont produites en situation magnétique peu agitée.

Relativement à H, le sens de la variation diurne au moment des PB a été défini de deux manières : 1° A l'aide des courbes qui représentent la variation diurne moyenne pour l'hiver, l'été et l'année entière. 2° Par la différence entre la valeur de H au moment considéré et la valeur moyenne de la journée. Ces deux définitions sont très généralement concordantes quand elles sont nettes; l'une ou l'autre, ou les deux, sont parfois douteuses pour des moments où la variation diurne est faible. On n'a retenu que les cas où les deux définitions concordent nettement (389 sur 500 pour les $PB_3$). Alors le sens de la $PB_3$ est reconnu soit dans le sens de la variation diurne (sens direct, noté ici Sd) pour H, ce qui a lieu dans 363 cas sur 389 (93,4 %), soit dans le sens inverse, noté ici Si, ce qui a lieu dans 26 cas (6,6 %).

---

(1) Séance du 22 février 1943.

(2) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 273.

L'ordre de grandeur de ces pourcentages était à prévoir d'après la répartition diurne des $PB_3$ et le sens de la variation de H : la plupart des $PB_3$ ont lieu pendant la soirée et la nuit, et la plupart correspondent à une augmentation de H; or la variation diurne de H est en gros positive la nuit et négative le jour (les limites variant suivant les saisons); on conçoit qu'il en résulte une grande prépondérance des cas Sd pour les $PB_3$.

En séparant, dans la statistique précédente, les cas suivant qu'il y a pour H Sd ou Si, et augmentation ou diminution, on trouve le résultat suivant :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sd | augmentation... | 360 | Si | augmentation... | 3 |
| | diminution..... | 3 | | diminution..... | 23 |

Si l'on remarque que les $PB_3$ qui sont Si avec diminution de H (au nombre de 23) ont lieu à des moments où la variation diurne de H est positive, on peut dire que presque toutes les $PB_3$ ont lieu à des moments où la variation diurne de H est positive.

La plupart des $PB_3$ étant relativement à H dans le sens de la variation diurne, Sd, on pourrait penser que la variation diurne joue un rôle important dans ces perturbations. La considération de ce qui se passe pour les autres éléments D et Z infirme cette hypothèse, comme le montrent les résultats suivants.

La déclinaison magnétique D étant avec H les éléments sur lesquels les PB sont le mieux marquées, on a noté sur D le sens par rapport à la variation diurne de toutes les $PB_3$ notées ci-dessus. Le résultat est donné par le Tableau suivant, dans lequel chacune des catégories précédentes est divisée en deux parties, suivant que le sens de la variation sur D est celui de la variation diurne, Sd, ou le sens inverse, Si.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sd pour H avec augm. de H (360) | Sd pour D... | 175 | Si pour H avec augm. de H (3) | Sd pour D... | 3 |
| | Si » ... | 185 | | Si » ... | 0 |
| Sd pour H avec dimin. de H (3) | Sd » ... | 1 | Si pour H avec dimin. de H (23) | Sd » ... | 14 |
| | Si » ... | 2 | | Si » ... | 5 |
| | | | | douteuses.... | 4 |

La manière dont se répartissent les $PB_3$ qui sont respectivement Sd ou Si pour D, quasiment à égalité pour la catégorie qui est de beaucoup prépondérante, montre qu'il n'y a pas correspondance entre les sens des variations de H et D par rapport à la variation diurne.

Relativement à Z, on ne peut faire un contrôle aussi étendu, parce que, comme il a été dit plus haut, les PB sont souvent peu marquées sur Z. Mais une indication de caractère général est donnée par le fait, signalé ci-dessus, que les variations sont très généralement de sens inverse sur H et Z; or les variations diurnes de H et Z sont en gros l'une et l'autre négatives le jour et positives la nuit; par suite, le sens des $PB_3$ par rapport à la variation diurne est

généralement différent pour Z et H; étant généralement Sd pour H, il est généralement Si pour Z.

*Position du Soleil lors des* $PB_3$. — Ces perturbations étant dues sans doute à des émissions solaires, on a déterminé la déclinaison du Soleil correspondant à chacune, au moment de son maximum, qui est bien défini par le sommet de la baie. On a construit un graphique donnant la position approchée du Soleil par rapport à la Terre, en portant en ordonnées cette déclinaison, et en abscisses (mais de droite à gauche) l'heure T. M. G. correspondante, peu différente de l'heure locale de Paris.

Mis à part quelques cas isolés, et probablement douteux, l'extension horaire de la région occupée par les $PB_3$ diminue lorsqu'on passe de l'hiver à l'été, en même temps que diminue leur fréquence. Au solstice d'hiver, on les trouve de $15^h$ à $5^h30^m$ environ, ou approximativement 1 h avant le coucher du Soleil jusqu'à 2 h 30 avant son lever ([3]). Au solstice d'été, on ne les trouve guère que de $18^h30^m$ à $3^h$, ou approximativement depuis 3 h 30 min avant le coucher du Soleil jusqu'à 1 h avant son lever. Les $PB_3$ négatives ne se trouvent que dans une faible partie de la région ainsi délimitée : depuis son début (immédiatement avant le coucher du Soleil), pendant 6 h environ au solstice d'hiver, puis de moins en moins longtemps lorsque la déclinaison du Soleil augmente, jusqu'à disparaître quand elle atteint une dizaine de degrés.

Steiner et surtout Wiechert estiment que leurs résultats peuvent être expliqués par la théorie de Störmer, bien que cette théorie, qui met seulement en jeu l'action sur les électrons solaires du champ magnétique terrestre, se révèle comme insuffisante par le fait qu'elle donne des dimensions trop faibles pour la zone aurorale. Le graphique indiqué ci-dessus permet de voir que cette théorie ne permet pas d'interpréter nos résultats :

1° Le maximum des $PB_3$ positives correspond pour le Soleil aux coordonnées géomagnétiques suivantes : 260° E, — 20° N. D'après les calculs suivant la théorie de Störmer, les électrons auroraux devraient alors tomber 80° plus à l'Est, soit vers 340° de longitude magnétique, tandis qu'on doit supposer qu'ils tombent au point de la zone aurorale le plus voisin de Paris, dont la longitude magnétique est 85°.

2° Il y a un grand nombre de $PB_3$ positives qui correspondent à une déclinaison magnétique du Soleil inférieure à —20°. Dans la théorie de Störmer, pour une telle déclinaison les électrons n'atteindraient pas la Terre.

3° Le maximum des $PB_3$ négatives correspond pour le Soleil aux coordonnées magnétiques 340° E, —15° N. D'après les calculs relatifs à la théorie, les électrons devraient tomber plus à l'Est d'environ 60°, 115°, 280° ou 300°, donc vers 40°, 95°, 260° ou 280° E, au lieu de 85° E. Ce cas est évidemment moins décisif que celui des $PB_3$ positives.

---

([3]) Si l'on veut comparer au lever et au coucher dans l'ionosphère, il y a à compter un décalage d'environ une heure pour passer du sol à une centaine de kilomètres.

## CORRESPONDANCE.

TOPOLOGIE CARTÉSIENNE. — *Topologie de la représentation conforme.* Note de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

*Définition* 1. — Soit $\widehat{OA}$ un arc simple dont tout vrai sous-arc $\widehat{OP}$ est rectifiable; soit $l$ la longueur de l'arc $\widehat{OP}$ et $\delta(l)$ le diamètre de l'arc $\widehat{PA}$.

Soit $f(x)$ une fonction continue croissante de $x$, qui s'annule pour $x=0$. J'appelle *sinuosité* de l'arc $\widehat{OA}$ au point A, pour $f(x)$, la valeur de l'intégrale $\int_0^A f[\delta(l)]\,dl$. Cette sinuosité est finie ou infinie.

Pour tout arc $\widehat{OA}$, la connaissance de $\delta(l)$ permet de trouver une fonction $f(x)$ pour laquelle $\widehat{OA}$ a une sinuosité finie en A.

Théorème 1. — *Soient* M *un point accessible de* $\Phi$, $(\alpha)$ *un arc d'accès de* M *et* $f(x)$ *une des fonctions ci-dessus. Si* $(\alpha)$ *a une sinuosité finie en* M *pour* $f(x)$, *il en est de même pour les courbes d'équidistance d'extrémité* M.

*Définition* 2. — Nous dirons que la sinuosité de M est bornée pour $f(x)$ si la sinuosité des courbes d'équidistance d'extrémité M est finie pour $f(x)$.

Nous dirons que la sinuosité d'une famille de points accessibles de $\Phi$ est uniformément bornée s'il existe une même fonction $f(x)$ pour laquelle la sinuosité de tous ces points est bornée.

Nous montrerons dans une prochaine Note que l'étude de la sinuosité des points accessibles de $\Phi$ peut renseigner sur la distribution des points non accessibles.

Théorème 2. — *Soient* $\Delta_1$ *et* $\Delta_2$ *deux domaines quelconques homéomorphes dans une homéomorphie qui vérifie les conditions du théorème* 2b $\left(\widehat{W}_1,\ \widehat{W}_2\ etc.\right)$ (¹).

*Dans cette homéomorphie, tout ensemble de points de* $\Phi_1$ *dont la sinuosité est uniforménent bornée se transforme en un ensemble de points de* $\Phi_2$ *de sinuosité uniformément bornée; et inversement.*

Corollaire. — *La sinuosité de tous les points d'un continu plan péanien* (¹) *est uniformément bornée.*

*Homéomorphies régulières.* — Soit $\Delta$ un domaine plan simplement connexe, ouvert et borné; $\Phi$ sa frontière; $\delta$ un cercle ouvert; $\varphi$ sa frontière.

*Définition* 3. — Une homéomorphie entre $\Delta$ et $\delta$ est dite *régulière* si : 1° tout arc d'accès (¹) de $\Delta \rightarrow$ arc d'accès de $\delta$; 2° Deux arcs d'accès non équivalents de $\Delta \rightarrow$ arcs d'accès non équivalents de $\delta$; 3° toute petite transversale de $\Delta \rightarrow$ uniformément une petite transversale de $\delta$.

Ces trois conditions sont indépendantes; cependant *si* $\Phi$ *est une courbe*

---

(¹) Pour les notations et les références, voir *Comptes rendus*, **216**, 1943 p. 279.

*péanienne* ([1]), (1) et (2) *entraînent* (3); plus généralement, de nombreuses propriétés des homéomorphies régulières dépendent seulement de (1) et (2).

Toute représentation conforme ou quasi conforme est une homéomorphie régulière. Mais on peut toujours, sans faire appel à la représentation conforme, construire par un procédé régulier une homéomorphie régulière entre $\Delta$ et $\delta$.

THÉORÈME 3. — *Deux homéomorphies régulières de $\Delta$ sur deux cercles $\delta_1$ et $\delta_2$ sont topologiquement équivalentes.*

Autrement dit, l'homéomorphie engendrée entre $\delta_1$ et $\delta_2$ par ces deux homéomorphies peut s'étendre à $\varphi_1$ et $\varphi_2$. Donc tous les problèmes topologiques de la représentation conforme ou quasi conforme peuvent s'étudier à partir d'une homéomorphie régulière quelconque. On a donc dissocié les caractères topologiques et métriques de ces représentations.

*Espace auxiliaire* Y. — A toute homéomorphie régulière entre $\Delta$ et $\delta$, on associe un espace Y. Les points de Y sont les couples (M, $m$), où $m$ est l'image dans $\delta$ du point M de $\Delta$; la distance des points (M, $m$) et (M', $m'$) de Y est la somme des distances euclidiennes ($MM' + mm'$).

L'espace uniforme séparé Y se complète univoquement (voir *Topologie générale* de Bourbaki) en *un espace $\hat{Y}$ qui est ici compact.* Tout point P de $\hat{Y}$ peut encore être défini par un couple unique (M, $m$) de points de $\bar{\Delta}$ et $\bar{\delta}$, qui sont les supports ponctuels de P dans $\bar{\Delta}$ et $\bar{\delta}$.

*Définition* 4. — Un *bout premier* de $\hat{Y}$ est l'ensemble $b(m)$ des points de $\hat{Y}$ qui ont pour support ponctuel dans $\bar{\delta}$ un même point $m$. Un *ensemble principal* de $\hat{Y}$ est l'ensemble $p(m)$ d'accumulation commun à tous les ensembles de Y qui ont pour support ponctuel dans $\delta$ un arc ouvert d'extrémité $m$.

Il en résulte que $b(m)$ et $p(m)$ sont des continus de $\hat{Y}$ tels que : $p(m) \subset b(m)$ et tels que deux $b(m)$ [resp. $p(m)$] distints sont disjoints.

Les supports ponctuels de $b(m)$ et $p(m)$ dans $\bar{\Delta}$ sont des continus identiques aux bouts premiers et ensembles principaux de la représentation conforme; *ils sont respectivement homéomorphes aux ensembles $b(m)$ et $p(m)$ de $\hat{Y}$.*

THÉORÈME 4. — *Soient $(Om)_1$ et $(Om)_2$ deux arcs d'accès d'un même point m de $\delta$ et $(Om)$ un arc d'accès de m situé dans la fermeture des domaines ayant pour frontières uniquement des points de $(Om)_1$ et $(Om)_2$. Soient $a_1(m)$, $a_2(m)$ et $a(m)$ les ensembles d'accumulation respectifs, dans $\hat{Y}$, des images de $(Om)_1$, $(Om)_2$ et $(Om)$. On a $a(m) \subset a_1(m) + a_2(m)$. En particulier, si $a_1(m) \equiv a_2(m) \equiv b(m)$, on a aussi $a(m) \equiv b(m)$.*

Il existe toujours des arcs $(Om)_1$ tels que $a_1(m) \equiv b(m)$ : Par exemple les images dans $\delta$ des courbes d'équidistance ([1]) de $\Delta$.

Il serait intéressant de voir, dans le cas de la représentation conforme, si les arcs de $\delta$ qui sont images de courbes d'équidistance de $\Delta$ arrivent angulairement à leur point d'accès.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une généralisation de la série de Lagrange, avec applications à l'Astronomie.* Note de M. **Henri Roure**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Soient $m$ fonctions $z_i$ définies par les équations

$$(A) \qquad z_i = x_i + t_i f_i(z_i) \qquad (i = 1, 2, \ldots, m)$$

dans lesquelles les $f_i(z_i)$ sont des fonctions holomorphes d'une variable, les $x_i$ étant $m$ variables distinctes des $z_i$, et les $t_i$ des paramètres. D'après leur définition, chaque $z_i$ est fonction seulement de la variable $x_i$ et du paramètre $t_i$ qui figurent dans son équation, ce qui donne les conditions

$$(1) \qquad \frac{dz_i}{dt_j} = 0, \qquad \frac{dz_i}{dx_j} = 0 \qquad (j \neq i).$$

Nous avons aussi, comme pour la série de Lagrange à une variable, l'équation

$$(2) \qquad \frac{dz_i}{dt_i} = f_i(z_i)\frac{dz_i}{dx_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, m).$$

Soit une fonction des $m$ variables $z_i$, $F(z_1, z_2, \ldots, z_m)$, à développer suivant les puissances des $t_i$. Multiplions chaque équation (2) par la dérivée partielle de F relative à la variable correspondante $z_i$, nous obtiendrons

$$(3) \qquad \frac{dF}{dt_i} = \frac{dF}{dz_i} f_i(z_i)\frac{dz_i}{dx_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, m).$$

Dérivant cette équation (3), respectivement $a-1$ fois par rapport à $t_i$, $b-1$ fois par rapport à $t_j$ etc., et appliquant chaque fois la formule (2), nous obtiendrons la formule générale

$$(4) \qquad \frac{d^M F}{dt_i^a\, dt_j^b \ldots} = \frac{d^{M-n}}{dx_i^{a-1}\, dx_j^{b-1}\ldots}\left[\frac{d^n F}{dz_i\, dz_j \ldots}\overline{f_i(z_i)}^a\;\overline{f_j(z_j)}^b \cdots \frac{dz_i}{dx_i}\frac{dz_j}{dx_j}\cdots\right]$$

avec $M = a + b + \ldots$, $n$ étant le nombre des variables soumises à la dérivation.

Soit maintenant à développer la fonction $F(z_1, z_2, \ldots, z_m)$ suivant les puissances des $t_i$. Dans les équations (A) et dans la formule (4), faisons $t_i = 0$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$, nous obtiendrons

$$z_i = x_i, \qquad \frac{dz_i}{dx_i} = 1, \qquad \left[\frac{d^M F}{dt_i^a\, dt_j^b \ldots}\right]_{\substack{t_i=0\\ t_j=0\\ \ldots}} = \frac{d^{M-n}}{dx_i^{a-1}\, dx_j^{b-1}\ldots}\left[\frac{d^n F}{dx_i\, dx_j \ldots}\overline{f_i(x_i)}^a\;\overline{f_j(x_j)}^b \ldots\right]$$

avec

$$M = a + b + \ldots.$$

Le développement de F suivant la formule de Maclaurin prendra la forme,

analogue à celle de Lagrange,

$$F(z_1, z_2, \ldots, z_m) = F(x_1, x_2, \ldots, x_m) + \sum \frac{t_i^a}{a!} \frac{d^{a-1}}{dx_i^{a-1}} \left[ \frac{dF}{dx_i} \overline{f_i(x_i)}^a \right]$$
$$+ \sum\sum \cdots \frac{t_i^a}{a!} \frac{t_j^b}{b!} \cdots \frac{d^{M-n}}{dx_i^{a-1} dx_j^{b-1} \cdots} \left[ \frac{d^n F}{dx_i dx_j \cdots} \overline{f_i(x_i)}^a \overline{f_j(x_j)}^b \cdots \right].$$

Appliquons ceci à la Mécanique céleste, et soit à développer une fonction des anomalies excentriques de deux planètes suivant les puissances des excentricités. M et M′ étant les anomalies moyennes, nous avons les deux équations de Képler

$$u = M + e \sin u, \qquad u' = M' + e' \sin u',$$

qui donnent, par comparaison avec (A),

$$z_1 = u, \quad z_2 = u', \quad x_1 = M, \quad x_2 = M', \quad t_1 = e, \quad t_2 = e',$$
$$f_1(z_1) = \sin u, \quad f_2(z_2) = \sin u',$$

de sorte que la formule (4) prendra la forme

$$\frac{d^M F}{de^a \, de'^b} = \frac{d^{M-2}}{dM^{a-1} \, dM'^{b-1}} \left[ \frac{d^2 F}{dM \, dM'} \sin^a M \sin^b M' \right]$$

et que le développement de F(u, u′) prendra la forme

$$F(u, u') = F(M, M') + \sum \frac{e^a}{a!} \frac{d^{a-1}}{dM^{a-1}} \left[ \frac{dF}{dM} \sin^a M \right] + \sum \frac{e'^b}{b!} \frac{d^{b-1}}{dM'^{b-1}} \left[ \frac{dF}{dM'} \sin^b M' \right]$$
$$+ \sum\sum \frac{e^a}{a!} \frac{e'^b}{b!} \frac{d^{a+b-2}}{dM^{a-1} \, dM'^{b-1}} \left[ \frac{d^2 F}{dM \, dM'} \sin^a M \sin^b M' \right].$$

En particulier, ceci pourra être appliqué avec succès au développement de la fonction pertubatrice en série trigonométrique procédant suivant les multiples des arguments M et M′.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode de détermination des distances d'étoiles doubles inférieures au pouvoir séparateur.* Note de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Un travail oublié de W. H. Pickering. — Après la publication de ma précédente Note ([1]), j'ai trouvé dans les *Annales de Harvard* une étude de W. H. Pickering, datant de 1914-15, sur le même sujet et intitulée *Measurement of close double stars with a small telescope* ([2]) dans laquelle il montrait que de bonnes déterminations de distances d'étoiles doubles plus serrées que le pouvoir séparateur pouvaient être obtenues, par comparaison avec une échelle graduée d'ellipses. Toutefois Pickering avait dû effectuer un calibrage purement empirique de son échelle, par suite de conceptions théoriques

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 762.
([2]) *Ann. Ast. Obs. Harvard College*, **82**, 1937, part. 2, p. 32.

incorrectes sur les images de diffraction de paires très serrées ([3]); d'autre part il assignait au procédé un champ d'action beaucoup trop restreint.

Ce travail paraît être resté inconnu des spécialistes et n'est pas mentionné dans le *Handbuch der Astrophysik*.

2. ÉTUDE DES ERREURS. — J'ai indiqué ([1]) comment la formule semi-empirique

$$\rho = \varepsilon\sqrt{\alpha} \qquad \text{où} \quad \varepsilon = 1,22\frac{\lambda}{D} \tag{1}$$

donne la distance $\rho$ en fonction de l'aplatissement $\alpha$ de l'image de diffraction quasi elliptique d'une étoile double non résolue, dans certaines limites qui ont été indiquées.

A. *Erreurs accidentelles. Agitation atmosphérique.* — Les résidus des mesures de $\gamma_2$ And précédemment rapportées ([1]), bien que peu nombreux ($n = 19$), suivent la loi de Gauss et indiquent que la dispersion $\sigma$ des estimations du rapport R des axes de l'image (donc de $\alpha = 1 - R$) croît exponentiellement en fonction de la turbulence atmosphérique $t$ ([4]) suivant la formule

$$\log\sigma = -1,95 + 1,05\frac{t}{\varepsilon}. \tag{2}$$

L'erreur moyenne serait ainsi décuplée lorsqu'on passe d'images parfaites ($t/\varepsilon = 0$) à des images mauvaises permettant tout juste d'apercevoir le faux disque par moments ($t/\varepsilon$ voisin de 1).

Des formules (1) et (2) on déduit la relation importante

$$\log E = +2,05 - 2\log\rho - 2\log D + 0,0075\,D\,t \tag{3}$$

donnant l'écart type relatif $E(= d\rho/\rho)$ des déterminations de $\rho$ en fonction de la distance $\rho$ (en secondes d'arc), de l'ouverture D (en millimètres) et de la turbulence $t$ (en secondes d'arc). Cette formule permettra d'étudier l'influence des divers paramètres sur les erreurs accidentelles et de résoudre les problèmes pratiques qui se poseront dans l'établissement d'un programme d'observation.

B. *Erreurs systématiques.* — *a. Longueur d'onde effective.* — Il est bon de tenir compte, si l'on observe sans filtre coloré, des variations de la longueur d'onde effective $\lambda$ en fonction du type spectral et de l'équation de couleur (photométrique) de l'observateur pour l'instrument considéré, par la formule, facile à établir,

$$\varepsilon = \frac{141''}{D}(1 + 0,23c + 0,007S) \qquad (\text{D en mm}), \tag{4}$$

où $c$ est le coefficient de couleur par rapport au système photovisuel international et où S est respectivement égal à $-1$, $0$, $+1$, $+2$, $+3$, $+4$ pour

([3]) *Ann. Ast. Obs. Harvard College*, 61, 1908, part. 1, p. 47.

([4]) Définie et mesurée comme l'a indiqué M. Danjon (*voir* DANJON et COUDER, *Lunettes et Télescopes*, Chap. V, Paris, 1935).

les types spectraux B, A, F, G, K, M. L'emploi de la formule classique $\varepsilon = 141''/D$ pourrait entraîner des erreurs atteignant 4 %.

*b. Grossissement.* — Le grossissement G doit être nécessairement assez fort, au moins trois fois le grossissement résolvant $G_r$ (5). Mais l'étude des mêmes résidus des mesures de $\gamma_2$ And a montré que $\alpha$ varie avec le grossissement. Plus précisément, lorsque $G/G_r$ augmente, $\alpha$ croît, d'abord rapidement (+ 0,03 de $G = 3,5\,G_r$ à $G = 6\,G_r$), puis plus lentement (+ 0,02 de $G = 6\,G_r$ à $G = 15\,G_r$). En pratique le grossissement favorable est voisin de $6\,G_r$, soit 3 par millimètre d'ouverture.

*c. Divers* (terme $\eta$). — Dans la Note citée, la formule (1) était écrite $\rho = \varepsilon\sqrt{\alpha}(1 + \eta)$, $\eta$ étant un terme assez petit (présumé inférieur à 0,1) destiné à rappeler la présence éventuelle d'erreurs systématiques qui pouvaient provenir de l'établissement même de la formule et de l'équation personnelle de l'observateur.

Pour sa détermination, de nouvelles mesures sont entreprises (mars-avril 1942), portant sur des couples de distances variant de 0'',25 à 1'',1. Les premiers résultats indiquent que, l'erreur moyenne des $\rho$ observés étant de l'ordre de 3 % et celle des $\rho$ calculés (6) de l'ordre de 2 %, les écarts O-C sont voisins de ± 0'',01, soit de l'ordre de 2 %, donc inférieurs à ceux permis par les erreurs moyennes dont ils sont affectés.

Cette méthode de mesure semble donc à la fois précise et exacte, peut-être même plus que le micromètre, qu'elle pourrait remplacer avantageusement, pour les étoiles d'éclat convenable, aux distances inférieures à la seconde d'arc. Sa supériorité sur la simple appréciation directe de la distance, en usage jusqu'à maintenant pour les paires non résolues, est, en tout cas, manifeste dès à présent.

ASTROPHYSIQUE. — *Le désaccord des méthodes photographique et visuelle dans la mesure photométrique des températures stellaires.* Note de M. **Junior Gauzit**, transmise par M. Charles Fabry.

Les mesures visuelles de Wilsing (1) donnent, pour les étoiles blanches, une température spectrophotométrique beaucoup plus basse que les mesures photographiques. Aucune explication satisfaisante de ce désaccord n'a été encore trouvée. Brill (2), dans sa comparaison des mesures de Wilsing et de Rosenberg (3), est parvenu, par une nouvelle réduction des mesures, à

(5) Tel qu'il est défini par MM. Danjon et Couder (*loc. cit.*, p. 28).

(6) Déduits de mesures récentes communiquées par M. P. Baize.

(1) *Publ. Astrophys. Observ. Postdam*, n° 56, 1909; n° 74, 1919.

(2) *Astronomische Nachrichten*, **218**, 1923, p. 209; **219**, 1923, pp. 21 et 353.

(3) *Abh. d. Kais. Leop.-Carol Deutschen Akad. der Naturforscher*, **101**, n° 2.

atténuer le désaccord, mais non à le faire disparaître et il en conclut que l'assimilation du rayonnement stellaire à celui d'un corps noir n'est pas possible dans le large domaine spectral comprenant à la fois les régions photographique et visuelle. Mais des mesures photographiques ont été réalisées [notamment par Greaves, Davidson et Martin ([4])] dans la même région spectrale que celle étudiée par Wilsing et elles conduisent pour les étoiles blanches à une température bien supérieure à celle de Wilsing. W. Becker ([5]), rappelant ces faits, suggère que le désaccord doit être attribué à une cause d'erreur systématique encore inconnue, dans une des deux méthodes.

Je me propose de montrer que les mesures photométriques visuelles perdent toute sensibilité aux températures élevées. En effet l'impression produite sur l'œil, pour chaque domaine spectral élémentaire, est proportionnelle à l'énergie incidente et au facteur de visibilité relative de l'œil. Soient $I_{\lambda T}$ l'intensité spectrale du rayonnement stellaire pour la longueur d'onde $\lambda$ et la température T, $v_\lambda$ le facteur de visibilité relative de l'œil et $t_\lambda$ la transparence atmosphérique et instrumentale pour la même longueur d'onde, dans le cas, par exemple, de l'observation faite au zénith ; si, assimilant le rayonnement stellaire à celui d'un corps noir, on trace, pour des températures progressivement croissantes, les courbes de luminosité relative, c'est-à-dire les courbes représentant les variations avec la longueur d'onde du produit

$$I_{\lambda T} \times v_\lambda \times t_\lambda,$$

en prenant uniformément pour toutes les températures la même ordonnée maximum, on constate que ces courbes se modifient très peu dès que la température T atteint 10000°. Un accroissement notable de la température pour $T \geqq 10000°$ produit d'ailleurs en gros le même effet, dans la région moyenne du spectre, qu'une faible translation de la courbe de luminosité parallèlement à l'axe des longueurs d'onde; la largeur des bandes spectrales utilisées dans les mesures spectrophotométriques contribue donc à accroître l'incertitude des mesures. Ainsi les mesures visuelles sont incapables d'évaluer la température des étoiles chaudes, parce qu'une étoile à 20000° ou 40000° donne très sensiblement, pour l'œil qui l'examine au spectroscope, la même impression qu'une étoile à 10000°.

Il reste toutefois à comprendre comment Wilsing a été amené à proposer des températures systématiquement trop basses. Trois effets semblent s'ajouter :

1° une évaluation trop optimiste, en général, de la transparence atmosphérique; seules en effet des variations importantes de cette transparence

---

([4]) *Royal Observ. Greenwich. Observations of colour temperatures of stars*, 1926-1932; *Monthly Notices*, 94, 1934, p. 488.

([5]) *Handbuch der Astrophysik*, 7, p. 449.

peuvent expliquer la discordance de certains résultats de Wilsing, qui trouve, pour $\gamma$ Geminorum 7100° ou 12500°, pour $\alpha$ Pegasi 8900° ou 14300°;

2° l'influence de la largeur des fentes du spectrophotomètre; dans les mesures réalisées avec l'appareil le plus dispersif, l'intervalle spectral total utilisé atteignait 100 angströms dans le rouge; or Hyde [6] a montré que, dans la comparaison des rayonnements de deux corps noirs, la correction a toujours pour effet d'accroître la différence observée de température; notons d'ailleurs que les mesures faites avec le spectroscope le moins dispersif conduisent aux températures les plus faibles;

3° enfin la réduction incorrecte des mesures par application de la loi de Wien pour le calcul d'un terme dit *correctif*, mais dont l'influence est notable.

Des détails seront donnés dans une autre publication.

Les mesures visuelles de Wilsing sont citées dans la plupart des traités modernes d'Astrophysique, qui se contentent de constater leur désaccord avec les mesures photographiques, sans conclusion formelle. Pourtant une conclusion s'impose : ces mesures sont mauvaises pour les étoiles chaudes; l'échelle des températures obtenue par photométrie photographique est certainement plus exacte que celle de Wilsing.

On doit cependant observer que, si l'on étudie la précision des mesures photographiques par une méthode analogue à celle décrite ci-dessus, on trouve que cette précision décroît elle-même rapidement au-dessus de 20000°.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur les propriétés d'une nouvelle particule élémentaire.* Note de M. **Alexandre Proca.**

Nous avons attiré l'attention [1] sur l'existence possible d'une particule dont les propriétés se rapprochent de celles de l'électron. En l'absence de champ, les équations de cette particule sont

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\gamma^\mu \partial_\mu \psi + i\lambda x_\sigma m^{\sigma\mu} \partial_\mu \psi + \frac{mc}{\hbar} \psi = 0, \\ &\partial_\mu \psi^+ \gamma^\mu + i\lambda\, \partial_\mu \psi^+ x_\sigma m^{\sigma\mu} - \frac{mc}{\hbar} \psi^+ = 0, \end{aligned} \right.$$

avec $\partial_\mu = \partial/\partial x^\mu$, $m^{\sigma\mu} = i/2.(\gamma^\sigma\gamma^\mu - \gamma^\mu\gamma^\sigma)$; elles sont invariantes par rapport aux transformations de Lorentz et se réduisent à celles de Dirac pour $\lambda = 0$.

---

[6] *Astrophysical Journal*, 35, 1912, p. 237.

[1] *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 606.

Leur structure et la similitude avec le cas de Dirac permettent de supposer que les équations de la même particule, plongée dans un champ $\varphi_\mu$, s'obtiendront à partir des précédentes de la façon habituelle, c'est-à-dire en changeant $\partial_\mu \psi$ en $[\partial_\mu + (ie/\hbar c)\varphi_\mu]\psi$.

La constante $\lambda$ ou, si l'on préfère, son inverse, qui a les dimensions d'une longueur, ou encore le temps $1/c\lambda$, constitue la caractéristique supplémentaire de la nouvelle particule.

On peut définir, pour une particule libre de cette sorte, une densité de courant et de charge par

$$j^\mu = e\psi^+\gamma^\mu\psi + ie\lambda . x_\sigma\psi^+ m^{\sigma\mu}\psi.$$

En vertu des équations (1), on a $\partial_\mu j^\mu = 0$ et *la charge totale de la particule est constante*.

2. *Le tenseur énergie-quantité de mouvement* s'écrit explicitement

$$\begin{aligned}\frac{1}{\hbar c}\mathrm{T}^{ij} = {} & \frac{i}{2}(\partial^i\psi^+.\gamma^j.\psi - \psi^+.\gamma^j.\partial^i\psi) + \frac{i}{2}(\partial^j\psi^+.\gamma^i.\psi - \psi^+.\gamma^i.\partial^j\psi)\\ & + \frac{\lambda x_\sigma}{2}(\psi^+.m^{\sigma j}.\partial^i\psi - \partial^i\psi^+.m^{\sigma j}.\psi) + \frac{\lambda}{2}x_\sigma(\psi^+.m^{\sigma i}.\partial^j\psi - \partial^j\psi^+.m^{\sigma i}.\psi)\\ & + \frac{\lambda}{2}x_i(\psi^+.m^{jk}.\partial_k\psi - \partial_k\psi^+.m^{jk}.\psi) + \frac{\lambda}{2}x_j(\psi^+.m^{ik}.\partial_k\psi - \partial_k\psi^+.m^{ik}.\psi)\\ & + \frac{i\lambda}{2}[\partial^i(x^j.\psi^+\psi) + \partial^j(x^i.\psi^+\psi) - 2\partial_k(x^k.\psi^+\psi).\delta^{ij}],\end{aligned}$$

avec $i = \sqrt{-1}$.

Il est symétrique et pour $\lambda = 0$ se réduit à celui de l'électron de Dirac.

3. Le tenseur densité de moment cinétique total de la nouvelle particule est

$$\mathrm{M}^{ijk} = x^i\mathrm{T}^{jk} - x^j\mathrm{T}^{ik}.$$

En vertu des équations fondamentales, la loi de conservation est satisfaite $\partial_k \mathrm{M}^{ijk} = 0$; *le moment cinétique total de la particule* $\frac{1}{ic}\int \mathrm{M}^{ij4}\,d\mathrm{V}$ *est donc constant.*

4. Ce moment cinétique total peut être décomposé en un moment d'orbite et en un moment ne dépendant pas explicitement des coordonnées, qu'on peut raisonnablement interpréter comme un moment angulaire propre à la particule, c'est-à-dire comme un spin. Cette dernière partie est identique à celle de l'électron de Dirac et, dans ce sens, on peut dire que la nouvelle particule et l'électron de Dirac ont même spin.

5. Le trait le plus intéressant du nouvel électron est son caractère de système non conservatif. En effet, son énergie, définie à partir de $\mathrm{T}^{ij}$, n'est pas constante, ce qui est évident *a priori*, puisque son lagrangien dépend explicitement du temps. On trouve

$$\partial_j \mathrm{T}^{ij} = 2\lambda . x^i(\partial_k\psi^+.m^{kj}.\partial_j\psi).$$

Tout en conservant une charge et un moment cinétique constants, une partie de l'énergie de la particule, celle qui dépend de $\lambda$, varie avec le temps.

Cette caractéristique permettrait d'expliquer, le cas échéant, par un mécanisme simple, des phénomènes analogues à ceux qui nous ont contraint à introduire l'hypothèse du *neutrino*. En tout état de cause, la nouvelle particule ne constitue pas un système fermé; ses équations fournissent un exemple des procédés qu'introduit la relativité restreinte pour le traitement de ce genre de questions.

SPECTROSCOPIE. — *Relations entre la structure d'alcools saturés aliphatiques, secondaires et tertiaires, et leurs spectres d'absorption infrarouges*. Note de MM. **Marcel Tuot** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons repris les recherches de Coblentz, Weniger et de l'un de nous sur les alcools saturés aliphatiques, en examinant, entre 700 et 1500 $cm^{-1}$ environ, une trentaine d'alcools secondaires et en complétant par quelques termes une étude antérieure sur des alcools tertiaires (1).

*Distinction des isomères*. — Les spectres d'alcools secondaires isomères apparaissent nettement différents. Comme exemple, nous citerons les termes en $C^7$ : heptanol-4, méthyl-2-hexanol-3, méthyl-2-hexanol-4, méthyl-2-hexanol-5, méthyl-3-hexanol-4 et diméthyl-2.4-pentanol-3. Ainsi, il suffit de très légers changements dans la configuration moléculaire (passage du groupement alcool de la position 3 à 4 ou 5, vis-à-vis du groupement méthyle fixé en bout de chaîne, ou déplacement du groupement méthyle de 2 en 3, le groupement alcool conservant la position 4), pour observer des modifications importantes dans le spectre. Les alcools tertiaires conduisent à des résultats identiques.

*Distinction des homologues*. — Suivant une méthode déjà signalée par l'un de nous pour d'autres composés, on peut obtenir des indications sur la longueur et les ramifications de la chaîne carbonée, en considérant la position et l'intensité de la dernière bande, située entre 715 et 800 $cm^{-1}$ environ : 1° elle se trouve à des fréquences d'autant plus élevées que la chaîne carbonée sans ramifications, ni substitutions est plus courte; 2° son intensité apparaît d'autant plus prononcée que la chaîne se présente comme moins ramifiée. Voici quelques exemples :

| Alcool. | Formule. | Position des maxima ($cm^{-1}$). | Chaîne la plus longue sans ramifications ni substitutions. |
|---|---|---|---|
| Butanol-2, | $CH^3$–CHOH–$CH^2$–$CH^3$ .......................... | 766 | Éthyle. |
| Pentanol-2, | $CH^3$–CHOH–$CH^2$–$CH^2$–$CH^3$ .................... | 737 | Propyle. |
| Pentanol-3, | $CH^3$–$CH^2$–CHOH–$CH^2$–$CH^3$ .................... | 773 | Éthyle. |
| Hexanol-2, | $CH^3$–CHOH–$CH^2$–$CH^2$–$CH^2$–$CH^3$ ............... | 724 | Butyle. |
| Hexanol-3, | $CH^3$–$CH^2$–CHOH–$CH^2$–$CH^2$–$CH^3$ ............... | 732 | Propyle. |
| Heptanol-4, | $CH^3$–$CH^2$–$CH^2$–CHOH–$CH^2$–$CH^2$–$CH^3$ .......... | 731 | Propyle. |
| Octanol-2, | $CH^3$–CHOH–$CH^2$–$CH^2$–$CH^2$–$CH^2$–$CH^2$–$CH^3$ ..... | 719 | Hexyle. |
| Octanol-4, | $CH^3$–$CH^2$–$CH^2$–CHOH–$CH^2$–$CH^2$–$CH^2$–$CH^3$ ..... | 735 | Butyle. |
| Nonanol-3, | $CH^3$–$CH^2$–CHOH–$CH^2$–$CH^2$–$CH^2$–$CH^2$–$CH^2$–$CH^3$. | 718 | Hexyle. |

(1) A. Andant, P. Lambert et J. Lecomte, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 391. Pour la préparation des alcools et leurs constantes physiques, voir M. Tuot, *Thèse*, Paris, 1941.

On peut ainsi, en première approximation, donner les positions empiriques suivantes pour ce maximum : éthyle $\sim$770; propyle 730; butyle 724; hexyle 718 cm$^{-1}$. A partir des chaînes en $C^6$, le déplacement devient presque nul. S'il s'agit de groupements ramifiés, les résultats sont moins précis et par conséquent moins intéressants du point de vue analytique : isopropyle 780-790, isobutyle 760-765; butyle secondaire $\sim$770; isopentyle $\sim$760 cm$^{-1}$.

*Vibrations des molécules.* — Suivant une méthode maintenant classique, en comparant les spectres des alcools R-OH à ceux d'autres composés R-X ($X = NH^2$, $CH^3$, Cl, Br, I), on constate que, pour des fréquences inférieures à 1200 cm$^{-1}$ environ, on peut considérer les groupements $CH^3$, $CH^2$ ou CH d'une part, et OH d'autre part, comme des masses uniques. Ce dernier se montre spectroscopiquement équivalent aux trois autres et à $NH^2$ ou (NH). Cette méthode permet d'identifier, pour les premiers termes, les maxima observés avec des modes de vibration déterminés. On peut les retrouver dans les spectres des homologues en classant les alcools par formules analogues, (avec, en plus, des maxima nouveaux provenant de l'allongement de la chaîne carbonée).

Ainsi, pour les *alcools secondaires non ramifiés*, nous sommes partis du propanol-2, puis du butanol-2. L'analyse de ce dernier spectre nous a conduits à pressentir l'existence de deux formes moléculaires, qui se retrouvent probablement pour les termes plus élevés. Le premier terme des *méthyl-carbinols secondaires*, le méthyl-2-butanol-3 ne peut pas posséder une structure plane et symétrique, sans quoi on devrait observer, entre les fréquences des raies Raman et des bandes infrarouges, une alternance qui n'existe pas. Avec les *diméthyl-carbinols secondaires* (premier terme : diméthyl-2.4-pentanol-2), ce sont les caractéristiques du spectre du propanol-2 qui dominent. Par contre, pour *les alcools tertiaires*, il faut se reporter aux résultats du méthyl-propanol-2, dont la structure est presque tétraédrique régulière. Mais, à partir du méthyl-2-butanol-2, cette symétrie élevée n'existe plus, ce qui provoque les décompositions des modes de vibration dégénérées; en outre, les termes se présentent vraisemblablement comme des mélanges de deux formes moléculaires.

Si l'on considère les schémas représentatifs des alcools secondaire et tertiaire, R—CHOH—R′ et $\underset{\displaystyle R''}{\text{R—COH—R}'}$, on trouve que la dernière bande observée, entre 715 et 780 cm$^{-1}$, correspond généralement à une vibration de valence entre l'un des radicaux R et le reste de la molécule, considérés tous deux, en première approximation, comme des masses uniques. Cette bande se déplace vers de plus faibles fréquences, d'une manière qui n'est pas proportionnelle au nombre des atomes de carbone, contenus dans ce radical, mais suivant un *poids spectroscopique équivalent*; celui-ci est d'autant plus grand que la chaîne R est moins ramifiée; il augmente avec le nombre des atomes de

carbone, mais il tend vers une valeur limite à partir de chaînes droites à six atomes de carbone. On peut donc retrouver théoriquement la règle empirique ci-dessus indiquée.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la détermination de la probabilité de rupture des molécules de sélénite de potassium sous l'influence du départ d'un de leurs négatons.* Note (1) de M. **Raymond Daudel.**

En nous appuyant sur les travaux de MM. Hebb et Nelson nous avons montré (2) que la mécanique broglienne établit que, dans la réaction

$$ {}^{81}_{34}\mathrm{Se}^{\star} \left\{ \begin{array}{ll} \xrightarrow{57^{\mathrm{m}}} {}^{81}_{34}\mathrm{Se}^{+} + e_{-} & (\text{Énergie } 80\,000 \text{ eV env.}) \\ \xrightarrow{57^{\mathrm{m}}} {}^{81}_{34}\mathrm{Se} + \gamma & (\text{Énergie } 93\,000 \text{ eV}), \end{array} \right. $$

il est normal de négliger le processus de désactivation par départ de photons.

Si, par conséquent, on constitue des molécules de sélénite de potassium avec du sélénium rendu radioactif sous l'influence des neutrons, à chaque désactivation du sélénium correspondra le départ d'un des négatons desdites molécules. Nous pouvons donc espérer déterminer la probabilité de rupture de ces molécules sous l'action du départ d'un négaton en mesurant le rapport du nombre des molécules rompues à celui des désactivations.

La détermination d'un nombre proportionnel au nombre des désactivations peut se faire en mesurant au compteur l'activité d'une certaine masse de sélénium si l'on connaît le rapport des sections efficaces $k/k'$ de formation des noyaux ${}^{81}_{34}\mathrm{Se}^{\star}$ et ${}^{81}_{34}\mathrm{Se}$ à partir de l'isotope ${}^{80}_{34}\mathrm{Se}$.

Nous l'avons mesuré en étudiant la décroissance de l'activité produite par effet Fermi dans le sélénium. On montre en effet que ce rapport X intervient dans le rapport $\chi$ des coefficients des deux exponentielles $e^{-\lambda' t}$ et $e^{-\lambda t}$ qui représentent cette décroissance. On a en effet

$$ \chi = \frac{X + \dfrac{T'}{T' - T}}{\dfrac{T}{T - T'}} \, \frac{1 - e^{-\lambda'\theta}}{1 - e^{-\lambda\theta}} $$

(où $\theta$ représente le temps d'activation et $T'$, $T$, $\lambda$ et $\lambda'$ les périodes et les vies moyennes des noyaux envisagés).

Les expériences nous ont donné $X \# 2,8$. Pour obtenir un nombre proportionnel au nombre des ruptures nous avons dû procéder en deux temps.

La détermination du rendement de l'effet Szilard direct produit sur une solution de sélénite de potassium par effet Fermi et observé par l'une des

---

(1) Séance du 1er février 1943.

(2) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 46.

méthodes que nous avons proposées ([3]) donne, si l'on admet que toutes les molécules perturbées sont rompues, le rapport entre le nombre de fragments actifs entraînés et le nombre de molécules rompues. Nous avons obtenu, pour ce rapport, une valeur P de l'ordre de 0,25. Si l'on n'admet pas que toutes les molécules envisagées soient dissociées, ce nombre ne donne qu'une borne supérieure dudit rapport.

En possession de ce nombre nous avons déterminé le rapport R entre le nombre de négatons éjectés et le nombre des atomes actifs entraînables lors de l'effet Szilard d'isomérie en activant du sélénium pendant un temps $\theta$ et en mesurant l'activité A d'une masse $m$ de ce corps à un instant $t$ après la fin de l'activation, puis en transformant une masse-unité de ce corps en sélénite de potassium (durée de l'opération $= \tau$) que nous abandonnions, à l'état de solution dans des conditions comparables à celles utilisées lors de l'étude de l'effet Szilard direct, pendant un temps $t'$ au bout duquel nous effectuions l'entraînement des fragments actifs : l'activité A' entraînée était alors mesurée à un instant $\Theta$ après l'entraînement. Le calcul montre que, dans ces conditions

$$\frac{A'}{A} = \frac{R\, e^{-\lambda\tau}(e^{-\lambda t'} - e^{-\lambda' t'})\, e^{-\lambda'\Theta}}{m\left[\left(\frac{k'}{k}\,\frac{\lambda'-\lambda}{\lambda} - \frac{\lambda}{\lambda'}\right)\left(\frac{1-e^{-\lambda'\theta}}{1-e^{-\lambda\theta}}\, e^{-\lambda' t} + e^{-\lambda t}\right)\right]}.$$

Nous avons ainsi trouvé pour R une valeur de l'ordre de 0,1.

La probabilité cherchée s'écrit

$$\mathfrak{T} = \frac{\text{nombre de molécules rompues}}{\text{nombre de négatons éjectés}}$$

$$= \frac{\text{nombre de molécules rompues}}{\text{nombres de fragments actifs entraînés}} \times \frac{\text{nombre de fragments actifs entraînés}}{\text{nombre de négatons éjectés}} = \frac{R}{P}.$$

Si l'on considère que la valeur trouvée lors de la détermination de P est une borne inférieure on obtient $\mathfrak{T} < 0,4$. Si l'on pense que P est lui-même connu on obtient $\mathfrak{T} = 0,4$. Quoi qu'il en soit, et c'est là le fait important $\mathfrak{T}$ semble inférieur à 1.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Notion de* volume équivalent. *Son rôle dans les réactions en phases hétérogènes.* Note de MM. **Félix Trombe** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les réactions en phases hétérogènes (contact de phase solide avec une phase liquide ou gazeuse), qui sont thermodynamiquement possibles, évoluent vers leur état d'équilibre avec des vitesses d'ordres extrêmement variés; ces variations ne sont pas explicables seulement par des considérations d'ordre énergétique.

([3]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 479-481.

Toutes choses égales à ce point de vue, si le rapport de la surface de contact des phases au volume des constituants est grand (matières premières divisées), la température, dès le début de la réaction, peut croître brusquement, entraînant la désorganisation (fusion ou volatilisation) du système initial. Si au contraire le rapport de la surface de contact au volume des constituants est faible, la chaleur dégagée initialement par la réaction exothermique d'une très petite quantité de constituant est aussi généralement faible. Nous considérerons, dans tout ce qui suit, que la chaleur dégagée par unité de temps n'entraîne pas d'élévation considérable de la température globale du système.

Lorsque les produits formés, solubles ou volatils, quittent la surface de séparation des phases, ou même quand, étant solides, ils sont éliminés mécaniquement (broyage), les fixations, les décompositions, les échanges chimiques s'effectuent sans difficulté. Dès qu'une phase fixe se forme et adhère sur la surface solide, on constate, ainsi que nous l'avons indiqué récemment [1], à propos de l'attaque des oxydes par les métaux fondus, que l'évolution de la réaction est conditionnée d'une façon très générale par la valeur du rapport $\Gamma = B/A$; ce rapport a été également donné par Pilling et Bedworth [2] dans les cas particuliers de l'oxydation des métaux.

B *est le volume du produit fixe formé par disparition d'un volume* A *de la phase solide initiale.*

1° $\Gamma < 1$; *la réaction se poursuit dans toute l'épaisseur de la phase solide.*

2° $\Gamma > 1$; *la réaction qui a lieu superficiellement ne se poursuit pas en profondeur.*

L'épaisseur de la couche superficielle protectrice, qui peut être très faible, varie avec les conditions réactionnelles envisagées. Lorsque $\Gamma < 1$, la migration des éléments réagissants s'effectue entre les cristaux de la couche solide. Si $\Gamma > 1$ et si les dimensions respectives du réseau cristallin solide et des molécules constituant le liquide ou le gaz le permettent, il peut exister une diffusion intermoléculaire. La vitesse de cette diffusion est d'un ordre très inférieur à celle de la migration intercristalline précédemment indiquée.

Le rapport $\Gamma = B/A$ des constituants et des produits fixes de la réaction est égal au rapport de leurs volumes moléculaires ou atomiques respectifs affectés des coefficients que leur assigne la réaction considérée. Il est beaucoup plus simple pour exprimer la valeur de $\Gamma$ de définir, pour chaque corps simple ou composé, son volume réactionnel ramené à l'unité de valence.

De même qu'il existe un volume moléculaire ou un volume atomique nous proposons d'appeler *volume équivalent*, d'un corps simple, son volume atomique divisé par le nombre de liaisons de valence qu'il pourrait engager dans une combinaison (en d'autres termes le *volume équivalent* d'un corps simple représente le volume de son équivalent-gramme).

---

(1) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 268.

(2) *J. Inst. Metals*, **29**, 1923, p. 529.

Nous définirons de même le *volume équivalent* d'un corps composé par le rapport de son volume moléculaire aux valences qui sont susceptibles de participer à une réaction déterminée.

Dans une réaction en phases hétérogènes le rapport des volumes équivalents des phases fixes, finales et initiales $\Sigma_b V/V_a$ est évidemment égale à B/A défini plus haut.

La connaissance des volumes équivalents des différents termes d'une réaction permet donc la détermination directe de la valeur du rapport Γ, dont l'importance suivant la règle énoncée ($\Gamma < 1$ ou $\Gamma > 1$) paraît tout à fait générale.

| Phase gazeuse ou liquide. | | Phase fixe initiale. | | | | | | | | | Phase fixe finale. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oxygène (gaz) | métal..... | W⊖ | Fe⊖ | Cu⊖ | Al⊖ | Mg⊕ | Ca⊕ | Li⊕ | Na⊕ | K⊕ | Oxyde |
| | Γ....... | 3,36 | 2,15 | 1,75 | 1,29 | 0,84 | 0,63 | 0,57 | 0,57 | 0,45 | |
| Fluor (gaz) (20°) | métal..... | Mn⊖ | Fe⊖ | Al⊖ | Bi⊖ | Ag⊖ | Mg⊖ | Ca⊕ | Na⊕ | K⊕ | Fluorure |
| | Γ....... | 4,25 | 4,06 | 2,71 | 2,35 | 2,11 | 1,49 | 0,95 | 0,63 | 0,51 | |
| Eau (vapeur) (20°) | carbure... | $CFe^3$⊖ | CV⊖ | CTa⊖ | CSi⊖ | $C^2Cr^3$⊖ | CTi⊖ | CZr⊖ | CMo⊖ | CW⊖ | Oxyde (→ hydroxyde) |
| | Γ....... | 1,96 | 2,31 | 2,09 | 1,79 | 1,62 | 1,48 | 1,43 | 1,38 | 1,28 | |
| | carbure.. | $C^2Th$⊕ | $C^3Al^4$⊕ | $C^2Y$⊕ | $C^2La$⊕ | $C^2Ce$⊕ | $C^2Li^2$⊕ | $C^2Ba$⊕ | $C^2Na^2$⊕ | $C^2Ca$⊕ | |
| | Γ....... | 0,90 | 0,85 | 0,78 | 0,76 | 0,74 | 0,64 | 0,62 | 0,61 | 0,57 | |
| Eau (vapeur) (20°) | nitrure... | NV⊖ | NTi⊖ | NB⊖ | $NFe^2$⊖ | NSi⊖ | NAl⊕ | $N^2Ca^3$⊕ | $NLi^3$⊕ | $N^2Ba^3$⊕ | Oxyde (→ hydroxyde) |
| | Γ....... | 2,45 | 1,74 | 1,63 | 1,55 | 1,28 | 0,96 | 0,88 | 0,83 | 0,54 | |
| Brome (liquide) (20°) | métal. ... | Fe⊖ | Zn⊖ | Bi⊖ | Ca⊖ | Li⊖ | Na⊖ | K⊕ | Al⊕ | Sb⊕ | Bromure |
| | Γ....... | 6,45 | 6,00 | 3,76 | 2,18 | 1,93 | 1,36 | 0,59 | 0 (*a*) | 0 (*a*) | |
| Soufre (fondu) (120°) | métal..... | Al⊖ | Cu⊖ | Zn⊖ | Mg⊖ | Li⊕ | Ca⊕ | Na⊕ | K⊕ | Cu⊕ | Sulfure |
| | Γ....... | 3,76 | 2,88 | 2,63 | 1,38 | 1,03 | 0,98 | 0,85 | 0,65 | 0 (*b*) | |

⊕ attaque rapide; ⊖ attaque nulle ou très lente; (*a*) bromure soluble; (*b*) (400°), sulfure soluble.

Le tableau précédent donne quelques vérifications de cette règle, mais nous avons pu contrôler son exactitude aussi bien dans les réactions de fixation ou de décomposition que dans les réactions de déplacement, soit à température élevée, soit à la température ordinaire.

Ainsi la valeur du rapport Γ des volumes équivalents des phases finales et initiales fournit une prévision des possibilités d'évolution, en phases hétérogènes, de réactions très variées, lorsqu'elles sont thermodynamiquement possibles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'union labile de l'oxygène au carbone. Expériences d'oxydation à l'obscurité; essais préliminaires.* Note de MM. **Charles Dufraisse**, **Marius Badoche** et **C.-L. Butler**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'addition d'oxygène aux anthracènes et naphtacènes, qui aboutit à une union labile de l'oxygène au carbone, nous a paru conditionnée de manière tellement stricte par la lumière que nous l'avons appelée *photooxydation*, le produit résultant étant dénommé *photooxyde*; nous allons justifier ces termes.

Dès les débuts de l'étude sur le rubrène nous avions acquis la conviction que ce corps ne s'oxydait pas à l'obscurité. Mais il ne s'agissait là que d'expériences sommaires, dont, entre autres, la trop courte durée ne permettait pas de décider si la lumière n'avait qu'un pouvoir catalytique, ou bien si elle était un facteur indispensable de l'addition de l'oxygène. Les expériences, de par leur nature même, exigeaient des observations prolongées pour une réponse nette à la question posée; en fait elles ont pris plusieurs années.

Un premier essai, commencé le 12 janvier 1925, avait été arrêté le 21 juin 1932, mais, pour plusieurs raisons, il n'était pas absolument concluant; de toute façon il devait être repris. C'est pourquoi nous en avons différé la publication jusqu'à ce que les expériences de contrôle aient été faites. Maintenant qu'elles sont terminées et dépouillées, il nous paraît opportun de faire connaître le résultat de la première observation, à laquelle sa longue durée, sept ans et demi, confère un grand intérêt.

Du rubrène (tétraphénylnaphtacène, $C^{42}H^{28}$), en solution dans du benzène exempt de thiofène, a été abandonné en atmosphère d'oxygène dans un récipient en relation avec un tube manométrique. On a procédé au remplissage à l'obscurité et l'appareil a été conservé dans une chambre noire, les lectures du manomètre étant faites avec le minimum d'éclairage et sans que la liqueur risquât d'en recevoir la moindre radiation. Après sept ans et demi, quand on a mis fin à l'expérience, le rubrène paraissait intact, à en juger par la teinte de la solution. On a vérifié que l'oxydation n'avait pas pu être entravée par un appauvrissement en oxygène du gaz résiduel. Rapportant alors au rubrène seul tout l'oxygène manquant, on n'avait trouvé, pour un aussi grand laps de temps, qu'une consommation de l'ordre de 10 % de molécule, consommation qui se produit en quelques minutes seulement à la lumière solaire directe. Cela représentait, pour l'influence de la lumière, un effet accélérateur de plus de 100000.

Cependant, quelque démonstratif qu'il fût, ce résultat ne réglait pas le point le plus important concernant l'oxydation du rubrène : la lumière est-elle absolument nécessaire, ou bien son rôle se borne-t-il à intensifier fortement une réaction qui se produit d'elle-même, quoique très lentement, à l'obscurité? En d'autres termes, on ne savait pas si le peu d'oxygène manquant n'aurait pas été pris par le solvant. On enregistrait simplement, comme donnée positive, une limite supérieure de l'oxydabilité du rubrène. Il s'imposait donc de aire en complément les expériences annoncées ci-dessus.

A côté de cet essai à lointaine échéance, il a été fait aussi un certain nombre de tentatives pour trouver un catalyseur à la réaction obscure. Parmi les corps essayés, ceux qui n'attaquaient pas le rubrène ont été inertes, ce sont : iode, trichlorure de phosphore, sesquisulfure de phosphore, oxyde d'argent, bromure cuivrique, sulfate de cuivre anhydre, acétylacétonate de cuivre, chlorure de nickel, bromure de cobalt, oxyde mercureux, chlorure mercureux,

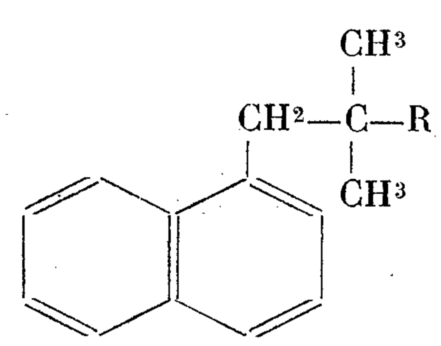
azotate mercureux, oxyde mercurique, bromure mercurique, iodure mercurique, chlorure ferreux, acétylacétonate de fer, bioxyde de plomb, protoxyde de manganèse, bioxyde de manganèse, chlorure manganeux, acétate manganeux, chlorure de chrome bivalent, oxyde de chrome trivalent, chlorure de chrome trivalent, acétylacétonate de chrome, mousse de platine, acide hexahydroxoplatinique, chlorure de platine tétravalent, oxyde d'uranium tétravalent, oxyde d'uranium hexavalent hydraté, acétate d'uranyle, nitrate de cérium, quinone, quinhydrone, tétrachloroquinone, urée, diphénylguanidine, triphénylguanidine, diorthotolylguanidine, thiocarbanilide, disulfure de tétraméthylthiurame, phényldichlorarsine, isopropylxanthate de zinc, méthylphényldithiocarbamate de zinc.

Les corps suivants attaquent le rubrène en le transformant probablement en pseudorubrène : tribromure de phosphore, oxychlorure de phosphore, tribromure d'arsenic, triiodure d'arsenic, trichlorure d'antimoine, tétrachlorure de silicium, tétrachlorure de titane, chlorure ferrique, chlorure de cobalt hydraté acétylacétonate de cobalt, diisoamyle mercure.

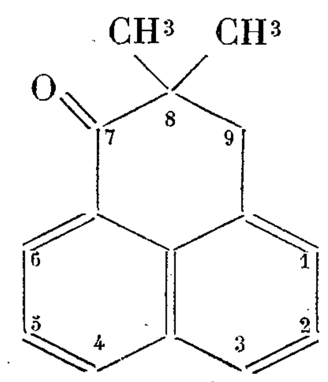
On avait aussi tenté sans succès d'activer la réaction de l'oxygène en chauffant à des températures aussi hautes que possible, tout en étant assez éloignées de la zone de dissociation. Le solvant utilisé était l'oxyde de phényle et l'on utilisait de l'oxygène comprimé à 1522 m/m. A la température de 100° il n'a pas été constaté d'oxydation du rubrène à l'obscurité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles études sur le noyau phénalanique.* Note (1) de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

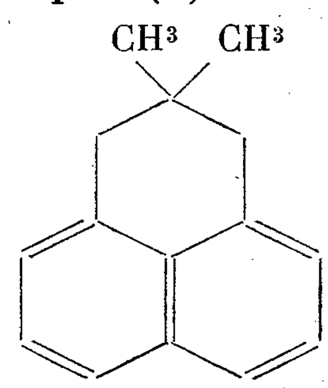
Dans de nombreuses publications (2), nous avions déjà attiré l'attention sur les nombreuses particularités que présente la chimie des phénalanes et de leurs dérivés. Rappelons que, lorsqu'on cyclise les acides ω-[1-naphtyl]-propioniques, on obtient en général un mélange de la phénalanone attendue avec son produit de déshydrogénation, la phénalénone correspondante (3). Nous apportons ici la démonstration définitive de ce schéma, en montrant que la cyclisation de l'acide ω-[1-naphtyl]-α.α-diméthylpropionique (I) donne




(I) R = $CO_2H$
(II) R = CO—$C_6H_5$
(III) R = CO—$NH_2$




(IV)



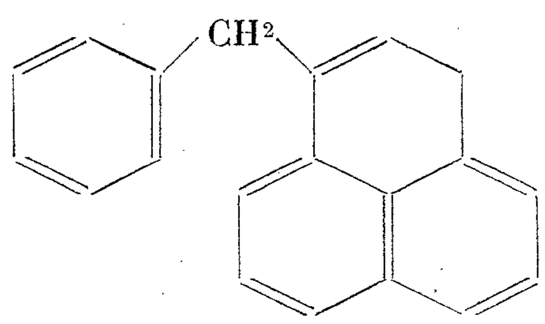

(V)

(1) Séance du 1 mars 1943.
(2) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Revue Scientifique*, 79, 1941, p. 644; 80, 1942, pp. 130 et 271.
(3) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 493.

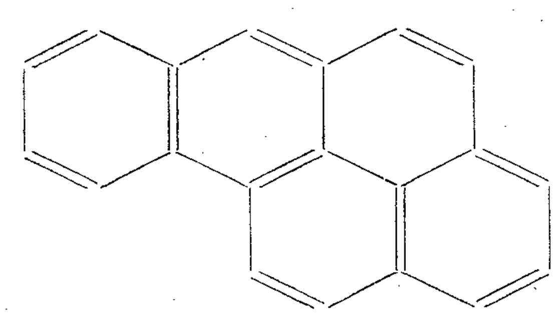
naissance à un seul corps, incolore, qui est la diméthyl-8.8-phénalanone-7 (IV), toute déshydrogénation étant ici impossible, faute d'hydrogène disponible en bonne place.

L'acide (I) est obtenu par saponification de l'amide (III), lui-même préparé par traitement de la cétone (II) à l'amidure Na [4]. Notons à ce sujet que les amides α.α-disubstitués, tel que (III), contrairement à l'opinion commune, sont parfaitement saponifiables par les alcalis alcooliques, à condition de faire durer le traitement assez longtemps. La cétone (IV) est tout à fait incolore; par réduction selon Clemmensen, elle est convertie en diméthyl-8.8-phénalane (V), qui est nettement stable vis-à-vis de l'air et de la lumière, ce qui n'est pas le cas pour ses congénères, dont la constitution se prête à une déshydrogénation.

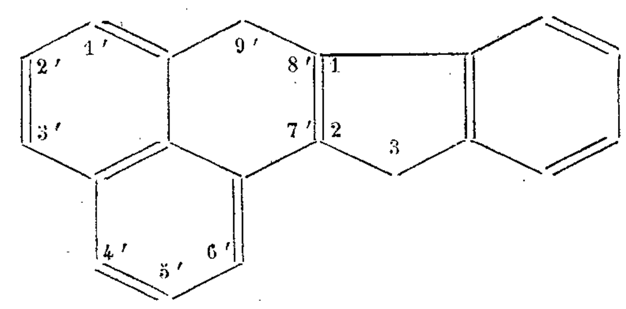
Une autre particularité du cycle phénalanique est la suivante : lorsqu'on fait agir sur la phénalanone-7 [schéma (IV) où les $CH^3$ sont remplacés par des




(VI)



(VII)




(VIII)

hydrogènes] le chlorure de benzylmagnésium, on obtient un carbinol instable qui donne à la distillation le benzyl-7-phénalène (VI). Ce carbure, traité par $Cl^3Al$, dans les conditions qui ont permis à Ruzicka et Hösli d'effectuer leurs belles synthèses du phénanthrène, du chrysène et du picène [5], nous a donné (par cyclisation et déshydrogénation) non pas le 3.4.benzopyrène attendu (VII), mais le 1.2.(7'.8'.)-indénophénalène (VIII).

Nous avons ici encore un exemple de cyclisation pentagonale qui se fait de préférence à la cyclisation hexagonale normale.

*Mode opératoire.* — 1° *Cétone* (II) $C^{21}H^{20}O$ : cristaux prismatiques brillants (de la ligroïne), solubles dans le benzène, F 75°; 2° *Acide* (I) $C^{15}H^{16}O^2$ : $22^g$ de l'amide (III) sont chauffés à reflux avec $15^g$ de potasse dans $100^{cm^3}$ d'alcool pendant trois jours, chasse l'alcool au vide, enlève l'amide non saponifiée par l'éther après addition d'eau, acidifie par ClH, et essore l'acide obtenu, $É_2$ 225-230°, qui cristallise du benzène en grosses plaques transparentes F 98-99°; 3° *Cétone* (IV) $C^{15}H^{14}O$ : le chlorure de l'acide (I) est préparé au moyen de $SOCl^2$ en solution chloroformique et cyclisé comme d'ordinaire [2] dans le nitrobenzène par $Cl^3Al$ à 0°. La cétone obtenue incolore est un liquide visqueux $É_{13}$, Oxime F 161°; 4° *Carbure* (V) $C^{15}H^{16}$ : $5^g$ de (IV) sont réduits par $10^g$ de Zn granulé amalgamé et $25^{cm^3}$ de ClH pur en présence de $10^{cm^3}$ de benzène et $10^{cm^3}$ de méthanol, pendant 24 heures au reflux. On obtient une huile incolore, assez fluide, $É_{17}$ 168-170°, stable et ne brunissant pas à l'air et à la lumière. Il donne avec le 1.3.5-trinitrobenzène

---

[4] C. MENTZER, BUU-HOÏ et P. CAGNIANT, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **10**, 1943, p. 145.

[5] *Helv. chim. Acta*, **17**, 1934, p. 470.

une combinaison moléculaire sous forme de fines aiguilles soyeuses jaune orange (du benzène) fondant avec décomposition au-dessus de 135°; 5° *Carbure* (VI) $C^{20}H^{16}$ : la 7-phénalanone obtenue par la méthode de Darzens et Lévy [6] est fortement souillée du dérivé éthylénique jaune; il vaut mieux opérer de la manière suivante : 6$^g$ de chlorure d'acide ω.1-naphtyl- propionique sont dissous dans 50$^{cm^3}$ de benzène, et traités par 6$^g$ $Cl^3Al$ à 0°; après 2 heures de contact à cette température, on fait le vide et décompose. A la distillation, on obtient une huile jaune $E_{15}$ 180-185° qu'on purifie par l'intermédiaire de la semicarbazone. 15$^g$ de cétone ainsi purifiée sont ajoutés à une solution éthérée de chlorure de benzyl-Mg (préparée à partir de 13$^g$ de chlorure de benzyle et 2$^g$,4 de Mg). Après le traitement habituel, on obtient à la distillation un liquide fluorescent, $É_2$ 220-230°, extrêmement altérable (polymérisation) dont la composition correspond au carbure (VI); 6° *Carbure* (VIII) $C^{20}H^{14}$ : 6$^g$ de (VI) sont dissous dans 100$^{cm^3}$ de $CS^2$ et additionnés de 6$^g$ de $Cl^3Al$. Après 1 heure de chauffage au bain-marie, on traite comme d'ordinaire, et obtient à la distillation quelques grammes d'une résine fluorescente $E_{1,5}$ 230-240° qui est dissoute dans le benzène et traitée par une solution benzénique saturée en acide picrique : on obtient une faible quantité d'un picrate qui, après quatre cristallisations dans le benzène, se présente sous forme de fins cristaux brun rouge F 157-158°. Le picrate, décomposé par $NH^3$ dilué, donne un carbure qui, cristallisé plusieurs fois de l'alcool, apparaît sous la forme de fines aiguilles jaunâtres, brillantes, dont les solutions benzéniques présentent une intense fluorescence bleue violacé F 185°.

## CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de l'oxydation du méthane.* Note de M. Étienne Audibert, présentée par M. Georges Charpy.

Nous avons entrepris l'étude du mécanisme et de la cinétique des réactions dont un mélange de méthane et d'oxygène est le siège quand, dans un récipient en quartz ou en pyrex, on le chauffe sous la pression atmosphérique à une température comprise entre 300° et 650°. Nous avons pour cela eu recours à la méthode qui consiste à faire écouler le mélange étudié, à une vitesse connue, dans un tube dont un four électrique maintient la température invariable et à déterminer la composition des produits qu'on recueille à la sortie du tube. La disposition de l'appareil employé est telle que la réaction qui se développe dans le tube puisse être considérée comme isotherme.

Outre les constituants du mélange initial, les produits recueillis à la sortie du tube contiennent toujours, après condensation de la vapeur d'eau, de l'oxyde de carbone, de l'anhydride carbonique, de l'hydrogène et du formol; la proportion de l'hydrogène est toujours très faible et parfois nulle; le formol se rencontre de manière systématique, mais toujours en petite quantité.

Quand on répète à plusieurs reprises la même expérience, on relève, entre les proportions des constituants du mélange gazeux recueilli à la sortie du tube, des différences qui sont parfois considérables. Ces différences établissent

(6) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 902.

que la vitesse des phénomènes dont le tube est le siège dépend de l'état de sa paroi et que cet état éprouve des variations échappant au contrôle de l'expérimentateur.

Le recouvrement de la paroi par une couche d'un halogénure alcalin atténue ces variations, mais ne les fait pas disparaître complètement. Dans un tube dont la paroi est recouverte de chlorure de potassium ou de sodium, un régime permanent s'établit en effet après une période d'adaptation qui est de l'ordre de l'heure, mais ce n'est pas nécessairement le même régime qu'on réalise en répétant la même expérience dans le même tube après une interruption qui a comporté, soit un simple arrêt de l'écoulement du mélange gazeux, soit un refroidissement. Il est cependant possible de tirer parti des résultats obtenus dans les tubes pourvus d'un revêtement de chlorure alcalin en faisant intervenir dans leur interprétation un coefficient d'activité de la paroi. L'explication qui suit fera comprendre cette notion :

Pour étudier l'influence, sur le développement de la réaction, de l'un des facteurs dont il dépend, on maintient constants tous les autres facteurs et l'on procède, sans interruption de l'écoulement gazeux, à une série d'expériences comportant des valeurs différentes du facteur étudié, en prenant seulement le soin d'attribuer à ce facteur la même valeur dans la première et dans la dernière expérience de la série; cette précaution donne le moyen de vérifier que l'état de la paroi n'a pas varié au cours de la série et que les différents résultats qui la composent sont par conséquent comparables les uns aux autres. Or l'expérience montre que la même série d'expériences, quand on la répète après des interruptions de plus ou moins longue durée, donne des résultats entre lesquels existe un rapport invariable. Ce rapport mesure, en valeur relative, la variation que l'activité de la paroi a éprouvée entre les deux séries d'expériences.

Pour étudier l'influence qu'exerce, sur le développement de la réaction, l'un des facteurs qui le conditionnent, il suffit par conséquent de procéder par séries, commençant et finissant toutes par la même expérience; la comparaison des résultats extrêmes de deux séries définit la valeur du coefficient dont l'emploi permet de les rendre comparables.

En appliquant cette méthode, nous avons reconnu que, toutes autres choses égales, l'allure de la réaction isotherme, dont un mélange de méthane et d'oxygène devient le siège quand on le chauffe dans un tube, dépend essentiellement du diamètre de ce tube et de la nature de sa paroi.

Dans les tubes en quartz, dont la paroi est recouverte de chlorure de sodium et dont le diamètre est inférieur à une limite de l'ordre de $10^{mm}$, la réaction isotherme demeure constamment lente, même quand la température est de 650° et quand le mélange gazeux a la composition représentée par le symbole $CH^4 + 2O^2$. La loi de son développement est indépendante du diamètre du tube. Elle dépend de l'état de la paroi, mais le mode opératoire décrit dans

ce qui précède permet de neutraliser l'effet des variations non contrôlées de ce facteur.

Dans les tubes en quartz, dont la paroi est recouverte de chlorure de sodium et dont le diamètre est supérieur à la limite dont il vient d'être question, il arrive au contraire que la réaction s'accélère jusqu'à l'inflammation quand la température est égale ou supérieure à 550°; la vitesse avec laquelle elle le fait paraît d'ailleurs dépendre, non seulement de l'état de la paroi, mais encore du diamètre du tube.

Dans les tubes en quartz dont la paroi ne comporte aucun revêtement salin, des emballements s'observent, à partir de 550°, même quand le diamètre est inférieur à $10^{mm}$.

TECTONIQUE. — *La limite méridionale des transgressions éocènes dans le Bassin de Paris.* Note de M. **René Abrard.**

En s'inspirant de la théorie du bourrelet périphérique de Marcel Bertrand, qu'il a en quelque sorte transposée dans la région à tectonique calme du Bassin de Paris, Munier-Chalmas (¹) a pensé que, vers la fin du Sparnacien, des poussées venues du Sud et de l'Est avaient produit un plissement périphérique, qui, après avoir refoulé la mer vers le Nord, aurait ensuite fait obstacle à l'extension des mers lutétienne et bartonienne vers le Sud. Cette hypothèse soulève plusieurs objections.

Tout d'abord la mer cuisienne s'est avancée beaucoup moins loin vers le Sud que celles qui ont suivi, et les lagunes sparnaciennes elles-mêmes n'avaient pas atteint les limites méridionales de la transgression du Lutétien; on ne peut donc dire qu'il y ait eu refoulement de la mer vers le Nord après le Sparnacien, le Cuisien qui a envahi les lagunes sparnaciennes étant par ailleurs essentiellement transgressif, et non régressif, comme on l'a dit quelquefois (P. Lemoine, *Géologie du Bassin de Paris*, p. 226).

De plus, les études de détail n'ont pu déceler aucun vestige du mouvement concentrique supposé, qu'il paraît difficile de rattacher à une phase orogénique définie. S'il y avait eu plissement périphérique, les sédiments continentaux du Sparnacien, dont l'extension est beaucoup plus grande que celle des lagunes du même âge et que celle de la mer lutétienne, auraient été redressés, et il y aurait, dans la zone de bordure, discordance du Lutétien sur le Sparnacien. Celle-ci ne s'observe en aucun point, et il paraît bien établi que, dans le Bassin de Paris, au Tertiaire, aucune orogénèse ne s'est manifestée, au moins avant la fin du Bartonien et probablement même avant le Miocène supérieur.

Enfin l'hypothèse rappelée ci-dessus présente l'inconvénient d'exclure, du point de vue de sa limitation vers le Sud, la transgression thanétienne du cycle

---

(¹) *Comptes rendus,* **130**, 1900, pp. 850-852.

des transgressions éocènes, alors qu'elle en fait partie intégrante et les inaugure à la suite du mouvement épirogénique auquel est dû la formation du golfe épicontinental du Bassin de Paris (le Montien paraît tout à fait indépendant de l'ensemble qui l'a suivi).

L'arrêt vers le Sud de l'avancée des mers éocènes peut être envisagé d'une autre façon. Lorsque l'on examine les contours que l'on est en droit d'assigner à l'extension de celles-ci, on constate que, si, vers l'Est, ils coupent à peu près perpendiculairement les plis, ce qui accuse le caractère épirogénique de la formation du golfe, il n'en est pas de même vers l'Ouest, où ils ne forment qu'un angle très faible avec les directions armoricaines des plissements, tandis qu'au Sud ils épousent très nettement, sur une plus ou moins grande longueur, le tracé des lignes à grand rayon de courbure par lesquels les plis de direction armoricaine de l'Ouest se raccordent à ceux de direction varisque de l'Est du Bassin de Paris. Cette disposition nous fait penser que, lors des ennoyages successifs, auxquels sont dues les transgressions des mers éocènes, les directions hercyniennes ont limité vers le Sud les dépressions ainsi formées. Elles constituent en somme des zones tout naturellement prédestinées à jouer ce rôle, exactement comme une tôle ondulée, dans laquelle on produirait un enfoncement, le limiterait à une ondulation.

Il s'est probablement formé au début un sillon médian de direction Nord-Sud, et, à mesure qu'il s'est propagé vers le Sud, la zone dépressionnaire s'est progressivement élargie sur ses côtés, surtout vers l'Ouest; il en résulterait que les différentes transgressions n'ont fait que s'étaler dans cette dernière direction, que la mer y est arrivée plus tardivement et y a été moins profonde.

Cette limitation vers le Sud des mers éocènes, non plus par une ride surélevée, mais par cessation de l'affaissement suivant une ligne de pliure à pente souvent très adoucie, correspondant à une direction hercynienne, permet d'expliquer l'établissement de côtes basses bordées de lagunes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'aimantation des roches due à des grains disséminés*. Note (1) de M. **Jean Coulomb**, présentée par M. Charles Maurain.

Une formule de Chevallier (2) donne l'aimantation moyenne due à des grains magnétiques noyés dans une matière inactive. Elle a été corrigée par Grenet (3) et vérifiée par Long Yang (4). Cette formule peut être rendue indépendante de toute hypothèse sur la forme de l'échantillon. Elle devient

(1) Séance du 28 janvier 1942.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, pp. 1327 et 1468.
(3) *Ibid.*, 197, 1933, p. 746; 66e *Congrès des Soc. Savantes*, 1933, p. 445.
(4) *Thèse*, Nancy, 1931.

alors extrêmement simple et peut éclairer certaines propriétés des roches.

Soit $k$ la susceptibilité des grains. Ceux-ci sont assimilés à des ellipsoïdes tous semblables mais de grandeur variable, orientés au hasard. Soit S la moyenne des trois susceptibilités apparentes d'un grain suivant ses axes. Soit enfin $m$ le rapport du volume de matière inactive au volume des grains. La roche se comporte comme un corps homogène de susceptibilité $k'$

$$\frac{1}{k'} = \frac{1}{k} + \frac{m}{S}.$$

La démonstration n'offre rien de nouveau. Les conséquences sont évidentes.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Méthode électrique permettant la mesure de la masse d'eau condensée dans l'unité de volume d'un brouillard.* Note de MM. **Marcel Pauthenier** et **Edmond Brun**, présentée par M. Aimé Cotton.

La précipitation des gouttelettes d'un nuage à l'aide d'un champ électrique ionisé permet, non seulement de dénombrer les gouttelettes et de les mesurer [1], mais encore de déterminer la masse d'eau condensée que contient l'unité de volume d'air.

Le dispositif est simple. L'air nuageux circule, à vitesse constante, dans un cylindre métallique très-léger relié au sol. Un fil fin est tendu, suivant l'axe du tube, entre deux supports isolants. Quand le fil est porté à un potentiel négatif élevé, les gouttelettes sont projetées, par effet couronne, sur la surface intérieure du cylindre. Il suffit de peser le cylindre avant et après la circulation d'un volume déterminé de brouillard, pour connaître la masse d'eau condensée contenue dans ce volume.

L'appareil doit satisfaire aux conditions suivantes :

*a.* il doit permettre la précipitation, dans un temps assez court, d'une masse de liquide assez grande pour que la pesée soit assez précise;

*b.* toute l'eau liquide contenue dans le brouillard qui circule dans le cylindre doit être précipitée sur le cylindre;

*c.* l'échauffement de l'air nuageux, provoqué par le courant d'ionisation existant entre le fil et le cylindre, doit être assez faible pour ne pas modifier, de façon appréciable, le volume des gouttelettes;

*d.* le cylindre doit être aussi peu encombrant et aussi léger que possible.

Ces conditions conduisent aux relations suivantes :

*a.* Si R est le rayon du cylindre, $l$ sa longueur, $v$ la vitesse moyenne de circulation de l'air nuageux, $\mu$ la masse d'eau condensée par unité de volume,

---

(1) Marcel Pauthenier et Edmond Brun, *Comptes rendus*, 211, 1940, pp. 295-296; 212, 1941, pp. 1081-1084.

la masse $m$ précipitée sur l'unité de surface du cylindre au bout du temps $t$ est

$$m = \frac{\mathrm{R} v t \mu}{2l}. \tag{1}$$

Si nous fixons la durée de précipitation à 5 minutes et la masse d'eau condensée à 0,1 g/m³ (cas particulièrement défavorable pour les mesures), la relation (1) devient

$$m = 1{,}5 \, . \, 10^{-5} \frac{\mathrm{R} v}{l} \text{ C.G.S.} \tag{1 bis}$$

*b*. La charge limite $3\mathrm{E}a^2$ que prend une gouttelette de rayon $a$ dans le champ électrique E est pratiquement atteinte au bout d'un temps très court et nous pouvons admettre que cette goutte est constamment soumise à la force électrique $3\mathrm{E}^2 a^2$. Le champ électrique E, dans le cas de l'ionisation intense que nous sommes amenés à utiliser, est voisin de V/R, en désignant par V la différence de potentiel entre le fil et la paroi cylindrique. D'après la loi de Stokes et en supposant la viscosité de l'air égale à 0,00017 C. G. S., la vitesse limite $v_l$ de la gouttelette, toujours très rapidement atteinte, est donnée par

$$6\pi \times 0{,}00017 \, a v_l = \frac{3\mathrm{V}^2 a^2}{\mathrm{R}^2}.$$

La condition pour qu'une goutte, partie du voisinage du fil à l'entrée du cylindre, arrive sur la paroi du cylindre à sa sortie, est que

$$\frac{\mathrm{R}}{v_l} = \frac{v}{l}.$$

En tenant compte de l'expression précédente de $v_l$, on arrive à la relation

$$\frac{\mathrm{V}^2 a l}{v \mathrm{R}^3} = 0{,}00107 \text{ C.G.S.} \tag{2}$$

D'après (1 *bis*) on peut encore écrire

$$\frac{m \mathrm{R}^2}{\mathrm{V}^2 a} = 1{,}4 \, . \, 10^{-2} \text{ C.G.S.} \tag{2 bis}$$

*c*. L'intensité $i$ du courant d'ionisation pour la longueur $l$ du fil est donnée par l'expression

$$i = \frac{k \mathrm{V}^2 l}{2\mathrm{R}^2},$$

dans laquelle $k$ est la mobilité des ions négatifs. Par suite, en écrivant que la puissance électrique $\mathrm{V}i$ dépensée à l'intérieur du cylindre a provoqué un échauffement $\theta$ de l'air qui a circulé dans le cylindre pendant une seconde, on arrive à l'expression

$$\theta = 617 \, . \, 10^{-6} \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{R} a} \text{ C.G.S.} \tag{3}$$

En ne tolérant qu'un échauffement d'un demi-degré, cette expression

devient

(3 *bis*) $$\frac{Ra}{V} = 1{,}34.10^{-8}\ \text{C.G.S.}$$

*d*. Pour réduire les dimensions de l'appareil, bornons-nous à ne précipiter *en totalité* que des gouttes de rayon supérieur à un micron; les gouttes plus fines ne sont alors précipitées qu'en partie, mais, étant donné leur faible volume, l'erreur qui en résulte est négligeable. Si nous prenons en outre $V = 22500$ volts $= 75$ C. G. S. et $l = 70^{cm}$, les équations (1, 2, et 3 *bis*), conduisent aux valeurs $R = 10^{cm}$, $v = 0{,}35$ m/s et $m = 7{,}8.10^{-5}$ g/cm$^2$. La masse totale déposée sur le cylindre est alors de 0,35 g; cette masse peut être mesurée avec une bonne précision, même si le poids du cylindre est de 300 g.

Sur les données précédentes, M. Palmé a construit dans son Laboratoire un appareil qui sera décrit ailleurs ([2]). L'un de nous a expérimenté cet appareil dans un observatoire de montagne. La tension utilisée ne pouvant dépasser 10000 volts, il a toujours été observé un dépôt de fines gouttelettes à l'extrémité de fuite du cylindre, mais la densité beaucoup plus faible de ce dépôt permettait de penser que, sous une tension double, la précipitation aurait été quasi totale, comme le faisait prévoir le calcul.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Fumariacées. La différenciation des régions fondamentales du corps chez l'*Hypecoum procumbens L. Note ([1]) de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Le proembryon à 16 cellules comprend, chez l'*Hypecoum procumbens*, à la partie supérieure, quatre éléments homologues d'octants supérieurs, dans la région moyenne, quatre autres éléments correspondant à des octants inférieurs, et, dans la région basale, un massif conique octocellulaire reposant, par sa pointe, sur les deux vésicules micropylaires ([2]).

Les quatre octants supérieurs donnent la partie cotylée *sensu lato*. Ils sont disposés le plus souvent en deux dyades superposées, séparées par une paroi à peu près horizontale, quelquefois en tétraèdre, la paroi de séparation des cellules *ci* et *cj*, mères des deux dyades, ayant pris une direction très inclinée. Dans le premier cas, la dyade supérieure se comporte comme une épiphyse et sa cellule-mère, *ci*, doit être considérée comme la cellule épiphysaire primordiale. Les processus de division de cette dyade paraissent variables et sont assez difficiles à déterminer. En 8, il s'est constitué 4 éléments qui prennent bientôt des cloisons tangentielles (*fig*. 10, 11, 13). D'autres cloisons périclines peuvent ensuite intervenir dans les cellules intérieures; il se constitue ainsi un massif épiphysaire qui forme promontoire entre les jeunes cotylédons, comme chez la plupart des Fumariacées et des Papavéracées. La dyade sous-jacente, issue de *cj*, par une série de divisions verticales,

---

([2]) M. Pauthenier, E. Brun et Demon, *Bull. Soc. franç. des Élect.* (sous presse).

([1]) Séance du 22 février 1942.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 310.

radiales et tangentielles, produit une assise cellulaire dont les éléments extérieurs engendrent les cotylédons. Dans le deuxième cas, c'est la cellule du sommet, fille de *ci*, qui fonctionne comme cellule épiphysaire. Elle se segmente par une paroi plus ou moins oblique en deux éléments juxtaposés, tandis que sa sœur se partage, par une paroi verticale, en deux éléments également juxtaposés (*fig.* 7 à 9). Ces derniers et ceux qui dérivent des

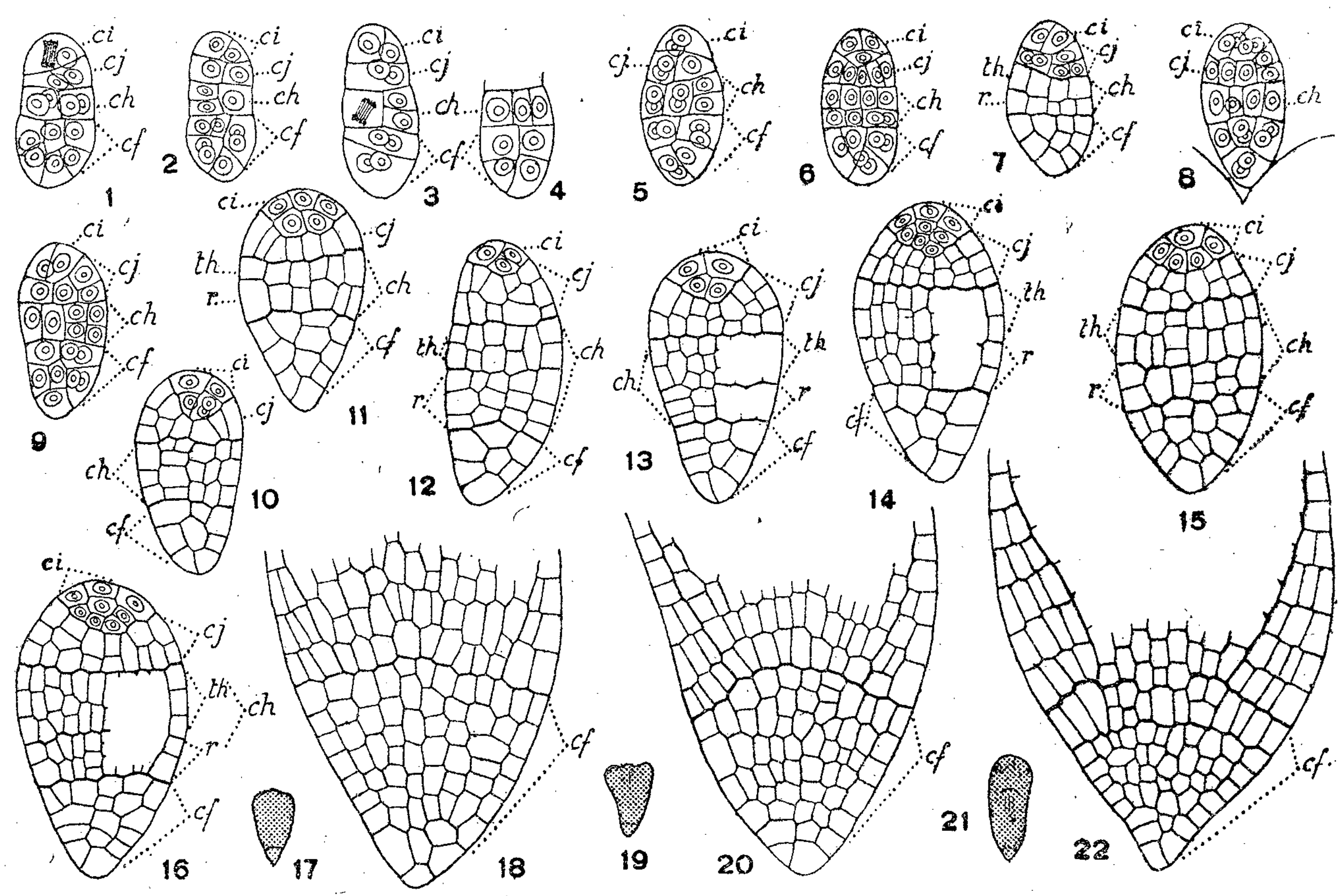



Fig. 1 à 22. — *Hypecoum procumbens* L. — L'origine des régions fondamentales du corps. *ci*, épiphyse; *cj*, partie cotylée *sensu stricto*; *ch*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *cf*, massif hypophysaire; *th*, tige hypocotylée; *r*, rudiment de la racine. Les figures 3 et 4 représentent deux coupes voisines d'un même proembryon. En 17, 19 et 21, schémas des embryons d'où sont tirés les détails des figures 18, 20 et 22. Gr. = 350; 36 pour les figures 17, 19 et 21.

cellules-filles de *cj* donnent, au-dessous de l'épiphyse, la partie cotylée *sensu stricto*. Aux stades postérieurs à celui de la figure 7, il n'est plus possible de discerner les formes qui se rattachent à l'une ou à l'autre des deux dispositions offertes par les octants supérieurs.

Les quatre octants inférieurs, symétriquement groupés autour de l'axe, représentent la partie hypocotylée. Ils se segmentent d'abord les uns transversalement (*fig.* 3), les autres verticalement (*fig.* 4 à d.) et donnent finalement naissance à deux assises généralement bien distinctes (*fig.* 6, 7, 11). La première, *th*, produit la tige hypocotylée, la deuxième, *r*, la racine. Le dermatogène n'apparaît définitivement différencié dans ces deux régions que peu avant la naissance des cotylédons. En 16, au niveau de *r*, les cellules de dermatogène se montrent déjà plus hautes; elles vont se cloisonner tangentiellement pour engendrer les assises latérales de la coiffe les plus éloignées du sommet (*fig.* 17, 20, 22).

Les huit éléments dérivés de *cf* (*fig.* 3 et 4) constituent un massif hypophysaire. Il est difficile de bien déterminer leurs processus de division. Dans les cas les plus réguliers, il se différencie aux dépens de quatre d'entre eux, voisins de *ch*, une assise dont les éléments extérieurs entrent dans la construction des parties latérales de la coiffe, tandis que les éléments médians donnent les initiales de l'écorce de la racine. Ces éléments médians s'allongent en se plaçant dans le prolongement des cellules centrales de la partie hypoco-

tylée et il devient impossible bientôt, dans cette région-limite, de distinguer les éléments qui dérivent de *ch* de ceux qui proviennent de *cf*. Les cellules de la portion basale, rétrécie, du massif hypophysaire produisent la partie culminante de la coiffe. En somme, l'organisation radiculaire procède, chez l'*Hypecoum*, selon des règles tout à fait comparables à celles qui ont été exposées au sujet du *Medicago*, du *Trifolium*, des Géraniacées et du *Fumaria*.

Si l'on cherche à dresser le tableau des lois du développement chez le *Fumaria* et chez l'*Hypecoum*, de manière à rencontrer la tétrade à la 2e génération cellulaire, les quadrants à la 3e, les octants à la 4e, on constate qu'il est nécessaire de partir, chez le *Fumaria*, de la cellule apicale, chez l'*Hypecoum*, de la cellule *cc*, l'une fille, l'autre petite-fille de l'ospore, ce qui revient à dire que le *Fumaria* se classe dans la 2e période du système embryogénique, l'*Hypecoum* dans une troisième. Ce tableau fait ressortir d'autres différences fondamentales. Il montre, par exemple, que, chez l'*Hypecoum* la cellule *ce* produit les deux parties cotylée et hypocotylée, la cellule *cf* l'hypophyse, tandis que, chez le *Fumaria*, *ce* engendre la partie cotylée seulement et *cf*, l'hypocotyle et le massif hypophysaire. Chez les deux espèces, il se différencie une épiphyse par des processus tout à fait comparables.

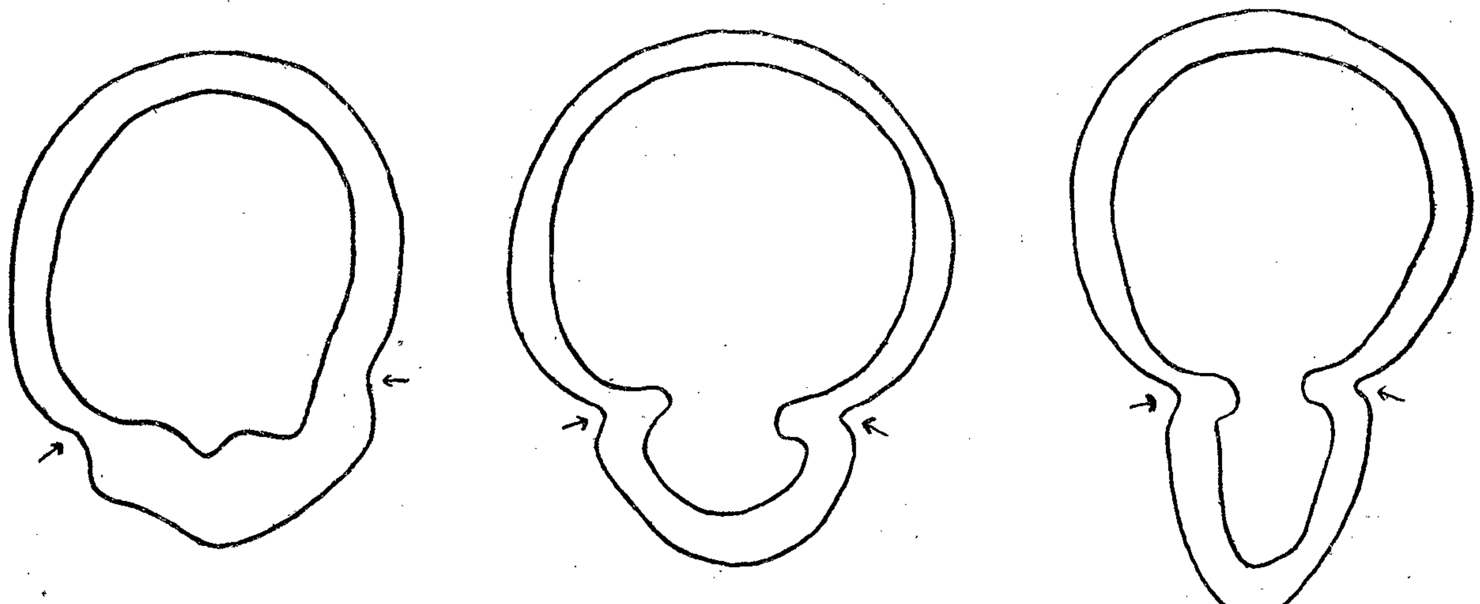
EMBRYOGÉNIE. — *Mécanisme de l'exogastrulation provoquée par le froid chez* Paracentrotus lividus *Lk*. Note de M. **Christian Mettetal**, transmise par M. Paul Wintrebert.

L'exogastrulation, chez l'Oursin, peut être provoquée par les agents physiques et chimiques les plus divers. Les procédés utilisés jusqu'ici comprennent tous une intervention précoce et passagère et l'exogastrulation se réalise après retour aux conditions normales. Le traitement ne fait donc que provoquer une réaction propre de l'œuf, qui a pour effet éloigné de modifier le cours de la gastrulation. Le froid, qui avait déjà été employé tôt et pendant un temps très court par Waterman (1934), m'a permis d'obtenir des exogastrulas en intervenant exclusivement au moment même où la gastrulation va se réaliser. J'ai précédemment montré [1] que le froid (+1°C.) ne lèse pas les cellules, si son action n'est pas trop prolongée, et qu'il cesse d'agir dès que la température s'élève; il permet à la prolifération cellulaire de s'effectuer au ralenti et se borne en somme à inhiber le processus physiologique responsable de la gastrulation sans arrêter l'évolution du germe. J'ai tenté de savoir s'il n'existait pas une relation de cause à effet entre cette inhibition et l'apparition des exogastrulas.

L'expérience a été réalisée de la manière suivante : un grand nombre d'œufs, parvenus à la fin du stade blastula, au moment où le mésenchyme primaire achève sa migration, sont soumis à un froid de +2 à +3°C. pendant 11 jours. Chaque lot d'expérience comprend les œufs d'une seule femelle, fécondés par

[1] *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 365.

le sperme d'un seul mâle. Les résultats varient suivant les pontes. Dans certaines tous les embryons gastrulent; dans d'autres, tous restent à l'état de blastula. Une seule ponte a fourni sous le froid continu de la glacière, à la fois des gastrulas à archenteron profond, des blastulas persistantes et des exogastrulas. Celles-ci retiennent l'attention; elles présentent tous les degrés d'évolution. Il en est chez lesquelles il n'existe qu'une ébauche de sillon entre l'ectoderme et la plaque ectodermique, et cette dernière, manifestement plus épaisse qu'à l'état normal, au lieu de rester plane, est devenue légèrement convexe vers le dehors (*fig.* A). A un état plus avancé apparaît à l'intérieur



A. B. C.

Fig. A-B-C. — Germes vivants de *Paracentrotus lividus* Lk. soumis à un froid de + 2° C. et montrant les divers degrés de l'exogastrulation. Le mésenchyme n'a pas été représenté. Les flèches indiquent le pourtour du sillon d'invagination gastrulaire.

du germe un balcon saillant séparant une vésicule ectodermique sphérique d'un archenteron inversé, déjà volumineux, qui s'allonge vers l'extérieur (*fig.* B et C). La présence constante, chez toutes ces exogastrulas, d'une constriction entre l'ectoderme et l'entoderme, au lieu même où le blastopore se produit normalement, indique que l'invagination a tenté de se constituer mais qu'elle n'a pas suffi à enfoncer la plaque entodermique, comme elle le fait au cours de la gastrulation normale. On sait en effet (Hörstadius, 1935), que, chez l'Oursin, la lèvre blastoporale située à la frontière ecto-entodermique ne s'enroule pas; elle est fixe et l'entoderme, soulevé d'un seul bloc, s'invagine d'une seule venue et en totalité dès le début du processus.

Dans les autres pontes, l'invagination gastrulaire, semblable pour tous les œufs d'une ponte, est forte ou absente pour le même degré de froid. Dans le lot qui montre à la fois tous les comportements possibles, on doit considérer que les différences individuelles se sont exprimées et que les germes exogastrulés se sont trouvés juste au point critique où l'invagination, à peine esquissée, réduite à la marge blastoporale, s'est manifestée seulement par une constriction annulaire incapable d'entraîner l'entoderme en profondeur. L'exogastrulation par le froid est une gastrulation affaiblie qui n'a pas suffisamment engagé l'entoderme à l'intérieur de l'œuf pour que sa proli-

fération développe un tube archentérique interne. La direction que prend cette prolifération dépend donc de l'angle que font l'ectoderme et l'entoderme au niveau de la marge blastoporale.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le rôle du* complexe hypocérébral [1] *dans la ponte des* Dytiscidés. Note de M. **Pierre Joly**, présentée par M. Charles Pérez.

Nous avons signalé [2] l'effet de l'ablation des *C. allata* ou *cardiaca*. Nous apportons maintenant le résultat de nos recherches sur la greffe de ces mêmes organes.

Nos expériences ont porté sur 35 femelles réceptrices de greffe et sur 200 animaux des deux sexes, appartenant à diverses espèces du genre *Macrodytes*, utilisés comme donneurs.

Les organes à greffer sont rapidement prélevés par dissection sommaire de la tête du donneur et aussitôt immergés dans du sérum physiologique [3]. Puis tous ceux qui doivent être implantés à un même animal sont injectés d'un seul coup, à la pipette, dans la cavité générale par voie dorso-abdominale.

Nous avons fait varier le nombre des greffons implantés à une même femelle, le sexe et l'espèce des donneurs, celle du récepteur et la date de l'intervention. Nous avons notamment réalisé les combinaisons suivantes :

| | *Macrodytes* donneurs. | | Récepteur (femelle). |
|---|---|---|---|
| 10 | *M. marginalis*, | mâles................ | *M. dimidiatus*, |
| 10 | » | » ................ | *M. circumflexus* |
| 3 à 15 | » | » ................ | *M. marginalis* |
| 5 à 10 | » | femelles ............ | » |
| 10 | *M. dimidiatus*, | mâles et femelles...... | » |
| 10 | *M. semisulcatus*, | mâles .............. | » |
| 1 | » | femelle en activité .... | » |

Ces expériences nous ont fourni les résultats suivants :

1° La greffe des *C. allata* ou *cardiaca* est susceptible de provoquer la ponte d'une femelle en pleine diapause hivernale.

Lorsque celle-ci intervient, les premiers œufs sont pondus 5 à 15 jours après l'implantation, le plus souvent 12 jours, ce qui est le temps mis normalement par une femelle en cours de ponte naturelle pour développer une portée d'œufs. La ponte obtenue est parfaitement normale et donne naissance à des larves viables [4]. Elle est susceptible de se prolonger pendant plusieurs mois et est d'intensité comparable à celle de la ponte naturelle.

---

(1) P. Joly, *Bull. Soc. Zool.*, 67, n° 4, 1942, pp. 121-125.

(2) P. Joly, *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 807-809.

(3) M. Murray, *Biol. Bull.*, 50, 1926, p. 210. Nous avons utilisé le liquide de Murray sans sucre ni peptone. La composition du liquide est la suivante : eau de mer filtrée, 30 vol.; eau distillée, 50 vol.; solution $CO^3NaH$ à 2/100, 1 vol.

(4) La ponte est viable à condition d'être effectuée dans la tige d'une plante aquatique,

2° Le sexe du donneur, l'espèce à laquelle il appartient ainsi que celle du récepteur, sont sans influence sur le résultat final. Seule intervient l'activité sexuelle du donneur, le récepteur étant toujours choisi en diapause.

Si les donneurs sont des mâles ou des femelles en diapause, l'implantation de 6 *C. allata* (3 donneurs) s'est montrée inefficace; celle de 20 *C. allata* (10 donneurs) s'est montrée efficace dans 19 cas sur 20. Au contraire, la greffe d'une seule paire de *C. allata* prélevée sur une femelle de *M. semisulcatus* en pleine activité génitale, effectuée sur *M. marginalis* en diapause, induit la ponte chez cette dernière.

3° L'époque de l'intervention n'a pas non plus d'effet appréciable, pourvu que donneurs et récepteurs soient en diapause.

Le cycle génital des espèces envisagées, à l'exception de *M. semisulcatus* est le suivant : de mars à juillet, ponte; août-octobre, reconstruction ovarienne; octobre-février, repos complet. Nous avons échelonné nos interventions entre le 25 octobre et le 25 février sans observer la moindre variation de la sensibilité des récepteurs à l'effet de l'implantation.

4° La greffe des *C. cardiaca* est moins efficace que celle des *C. allata*. Tandis que cette dernière, dans les conditions envisagées (10 donneurs par récepteur), fournit 95 % de résultats positifs, celle des *C. cardiaca* n'en donne que 50 %.

5° Nous n'avons pas, jusqu'à maintenant, réussi à préparer soit à partir des *C. allata*, soit à partir des *C. cardiaca* d'extrait actif capable de provoquer la ponte.

En résumé, l'implantation des différentes parties du *complexe hypocérébral*, dont la présence nous avait semblée indispensable pour permettre la ponte naturelle (2), est susceptible de provoquer l'activité génitale des femelles à n'importe quel moment de leur diapause. Nous en concluons que ces organes sécrètent une ou plusieurs hormones contrôlant la ponte. Comme dans le cas des *Hémiptères hématophages* envisagés par Wigglesworth, ces hormones ne sont pas spécifiques et elles sont communes aux deux sexes.

De nouvelles expériences sont en cours pour élucider le rôle revenant respectivement aux *C. cardiaca* et aux *C. allata* dans cette action.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Désulfuration de la cystine et de l'homocystine par le foie broyé.* Note de MM. **Pierre Desnuelle** et **Claude Fromageot**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'expérience montre que la cystéine-désulfurase, *isolée* du foie ou d'autres organes, n'agit absolument pas sur la cystine (1); par analogie, et quoique,

---

*Juncus*, *Potamogeton*, *Caltha* etc. Elle ne l'est pas si les œufs sont pondus dans l'eau ou dans la terre. Et cependant, l'œuf extrait au bout de peu de temps de la tige où il a été pondu se développe parfaitement dans l'eau.

(1) Cl. Fromageot, E. Wookey et P. Chaix, *Enzymologia*, 9, 1940, p. 198.

par suite de sa labilité, nous n'ayons pas encore réussi à extraire l'homocystéine-désulfurase des purées d'organes, on peut admettre que ce dernier ferment, *isolé*, n'agirait pas sur l'homocystine. Mais ceci n'implique pas que, lorsqu'ils sont sous forme de disulfures, les dérivés sulfurés dont il s'agit échappent, *in vivo*, à l'action des ferments désulfurants : la cystine est en effet réduite en cystéine par le tissu hépatique ([2]); il en est de même de l'homocystine. On peut donc s'attendre à ce que ces deux disulfures, placés en présence de *foie broyé*, donnent lieu à un abondant dégagement d'hydrogène sulfuré. Or il est facile d'observer ce dégagement, qui témoigne ainsi à la fois de la réduction préalable des dérivés disulfures en dérivés thiols et de leur désulfuration. Voici une expérience illustrative à cet égard :

*Désulfuration de la cystine et de l'homocystine par le foie de rat broyé.*

| | Récipient | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Contenu des récipients. | I. | II. | III. | IV. | V. |
| Phosphates M/10, pH 7,2 ($cm^3$) | 17 | 16 | 17 | 17 | 17 |
| NaOH M/7,85 ($cm^3$) | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Toluène ($cm^3$) | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| *l*-cystéine HCl (mg) | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| *l*-cystine (mg) | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 |
| *l*-homocystéine (mg) | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 |
| *l*-homocystine (mg) | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| Purée de foie de rat ($cm^3$) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Le tout est agité 3 heures 30 minutes à 37° en atmosphère d'azote pur. | | | | | |
| $H_2S$ dégagé (γ) | 27 | 850 | 344 | 200 | 180 |

Il convient de remarquer que les chiffres correspondant aux dégagements d'hydrogène sulfuré observés à partir des disulfures ne représentent que des valeurs minimum : le dosage de l'hydrogène sulfuré est en effet fortement gêné par la présence d'un disulfure libre dans le milieu, par suite de la réaction : $R\text{-}S\text{-}S\text{-}R + H_2S \rightarrow 2R\text{-}SH + S$.

Il apparaît ainsi que, quelle que soit la forme, oxydée ou réduite, sous laquelle les deux acides aminés sulfurés en question arrivent au contact des cellules hépatiques, celles-ci sont capables de leur faire subir une réaction de désulfuration dont l'importance biologique commence à se manifester ([3]).

A 16h10m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m. L. B.

([2]) R. FABRE et H. SIMONNET, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **12**, 1930, p. 777; L. WURMSER, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **15**, 1933, p. 801.

([3]) CL. FROMAGEOT et P. DESNUELLE, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 647; M. D. GARABÉDIAN et CL. FROMAGEOT, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 216.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

*Notice nécrologique sur* ALEXANDRE YERSIN, par M. **ALFRED LACROIX.**

Nous venons d'apprendre une nouvelle douloureuse, celle de la mort d'ALEXANDRE YERSIN, ancien Médecin colonel des troupes coloniales, Inspecteur général des Instituts Pasteur de l'Indochine, notre Correspondant pour la Section de Médecine, qui a consacré toute sa longue existence à des recherches fécondes en résultats de première importance pour les sciences, l'humanité et la prospérité de notre pays. Il fut, en même temps, un bactériologiste éminent, un explorateur intrépide, un agronome plein de hardiesse, de persévérance et de perspicacité, qui a donné la plus grande partie de sa vie à l'une des plus belles de nos colonies.

Né à Morges (Suisse), le 22 septembre 1863, il fit ses études médicales à Paris. Préparateur de Cornil à l'Hôtel-Dieu, en 1886, s'étant blessé au cours de l'autopsie d'un mort de rage, il suivit le traitement antirabique fonctionnant depuis un an. Frappé par son abord sympathique et son intelligence, le docteur Roux le fait entrer dans le laboratoire de Pasteur à la rue d'Ulm, puis à l'Institut Pasteur de la rue Dutot. Il y est pris comme préparateur anatomo-pathologiste pour les travaux sur la rage. Il ne tarde pas à être intimement associé par Roux à ses travaux sur la *diphtérie* et ce fut le début, non pas seulement d'une collaboration, mais d'une amitié fraternelle qui ne devait se dissoudre autrement que par la mort. Les *Annales de l'Institut Pasteur* ont publié, de 1888 à 1890, trois Mémoires des deux savants, Mémoires fondamentaux, bien vite devenus classiques, qui ont orienté la pathologie microbienne dans une voie nouvelle et conduit à la découverte des antitoxines.

En 1887, il obtient sa naturalisation. Docteur en médecine en 1888, il fait connaître alors deux travaux sur un mode d'évolution particulier d'infection sanguine du Lapin par le *Bacille tuberculeux bovin*; c'est la *tuberculose*, le type Yersin.

Si passionnante qu'était sa vie de laboratoire, elle ne lui suffisait plus; à la

fin de 1889, il est pris d'un violent désir de courir le monde qui le conduit à s'engager à la Compagnie des Messageries maritimes, en qualité de médecin, pour des voyages de Saïgon à Manille. Il débarque ensuite en Cochinchine, où il retrouve Calmette, qui venait d'y créer l'Institut Pasteur de Saïgon.

En 1890, toujours assoiffé d'aventures et d'imprévu, il entreprend l'*exploration géographique* du pays Moïs, s'étendant du Haut Donaï au Mékong, où nul Européen ne s'était aventuré jusqu'alors. Il pénètre, à pied, dans cette région sauvage, sans arme, sans escorte; grièvement blessé à l'entrée d'un village, il est contraint de rentrer à Saïgon, mais dès qu'il le peut, bien équipé cette fois, il repart dans la montagne où il rencontre mille difficultés entre l'Annam et le Haut-Cambodge; arrivé au Mékong, les pieds en sang, il doit être transporté en pirogue à Pnom-Penh, où il se rétablit à l'hôpital. Son exploration avait duré pendant près de 4 ans. Il en a rapporté le lever d'une carte qui, pendant de nombreuses années, fut la seule existante. Sur cette carte, se trouve le plateau de Lang-Bian où, sur ses conseils, le Gouverneur général P. Doumer se décida, en 1901, à créer une station de repos devenue la ville de Dalat.

En 1893, il entra dans le corps de Santé militaire des colonies.

En 1894, une grave épidémie de *peste bubonique* éclate en Chine, menaçant le Tonkin. Attiré par le danger, par le besoin de rendre des services humains et de faire de nouvelles découvertes, Yersin sollicita de Roux l'autorisation d'aller faire des observations à Hong-Kong. A travers des accidents sans nombre et des conditions effroyables, il fit cette découverte capitale que la *peste* est une maladie du *Rat*, transmissible à l'Homme et qu'elle est causée par un *Bacille spécial* dont il décrivit les caractères. Il obtint ce Bacille en culture pure, Bacille dit de *Yersin*, qui servit à la préparation du *sérum antipesteux* obtenu plus tard, en France, avec le concours de Calmette et de Borrel. Ce fut à Canton et à Amoy en Chine qu'en 1896, il alla lui-même démontrer la réalité et l'importance de ce sérum. Depuis cette épidémie, la peste a souvent été apportée dans les ports d'Europe et d'Amérique. C'est cette découverte de Yersin qui a permis d'en arrêter l'expansion et, en cela, elle rendit et rend encore un précieux service à l'humanité.

En 1895, dans un site merveilleux, Yersin a fondé à Nhatrang cet *Institut Pasteur* qu'il n'a pas cessé d'agrandir et de perfectionner. Il y a établi, depuis lors, sa définitive résidence et construit ses laboratoires de recherches : il ne l'a quittée qu'une fois, de 1902 à 1904, quand P. Doumer obtint de son dévoûment de venir à Hanoï pour y créer une École de médecine. C'est dans ce refuge, où il avait tant travaillé, réfléchi et rêvé, qu'il vient de mourir.

Là, définitivement spécialisé dans la *pathologie animale* et notamment dans la *peste bovine*, maladie épizootique très fréquente et très meurtrière en Indochine, et dans d'autres maladies, il ne tarda pas à voir que de telles recherches exigeaient de vastes espaces pour les animaux d'expérience et d'iso-

lement. Il fut donc conduit à organiser pour eux, aux dépens de la forêt, une concession de 500 hectares (1899) atteignant peu à peu 3000 hectares. Dès 1917, il a joint à ses recherches sur les animaux, des essais d'acclimatation de végétaux dans l'espoir d'en faire des sources de richesse pour l'union indochinoise : Coca, arbres à Gutta percha, Palmiers à huile, diverses espèces de Caféiers, Elæis etc. Deux de ces essais ont eu une très grande importance : la culture de l'*Hevea brasiliensis*, dont il alla chercher des graines en Malaisie et celle du *Cinchona lidgeriana*, dont les semences furent recueillies à Java. Yersin a eu le mérite d'avoir été le premier en Annam à entreprendre *méthodiquement et sur une grande échelle*, la culture de l'*arbre à caoutchouc*, en se basant sur une étude raisonnée du traitement qui lui est nécessaire et sur des expériences concernant es saignées et la coagulation de son latex.

Ses recherches sur l'acclimatation de l'*arbre à quinquina* lui ont coûté plus de vingt ans de patient travail, sans relâche, pour déceler les nombreux inconnus d'un problème fort difficile. On comprend, dès lors, pourquoi il s'est plongé dans maints genres d'études, météorologie, électricité atmosphérique, radiations solaires..., originellement éloignés de son domaine scientifique, et qui étaient indispensables à ses desseins. Le succès a récompensé sa peine et sa ténacité. Je me souviens de l'éloquence et de l'entrain avec lesquels, en 1927, il développait devant moi le souvenir de ses difficultés du passé et ses espoirs pour l'avenir, en me faisant visiter ses belles plantations de Dran et de Djiling, ainsi que ses organisations de Nhatrang.

Yersin était non seulement Correspondant de notre Académie qui lui avait attribué le Prix Le Conte, mais Associé national de l'Académie de médecine et Membre non résidant de l'Académie des sciences coloniales, Grand Officier de la Légion d'honneur et, en Indochine, membre respecté du Grand Conseil Économique et Financier de l'Union Indochinoise auquel il apportait sa solide expérience des questions coloniales, des hommes et des intérêts du pays. En 1936, le Conseil d'administration de l'Institut Pasteur de Paris lui avait envoyé, à travers les mers, le titre de directeur honoraire de la maison mère.

Aucun de ces honneurs n'avait entamé sa modestie. Peu de ceux qui, en dehors de l'Indochine, avaient entendu louer ses mérites, ne l'avaient vu de leurs yeux. Ne se plaisant que dans sa liberté, sous le ciel bleu de l'Annam, au milieu de ses plantations et de ses laboratoires, depuis longtemps il ne faisait plus que de rares apparitions dans la Métropole; quand il s'y décidait, ses visites se réduisaient à un séjour de quelques semaines et même parfois moins. A Paris, ses amis ne pouvaient le dépister qu'à son cher Institut Pasteur où il aimait à se réfugier. Les voyages maritimes lui paraissaient trop longs, aussi, en dépit de son âge, il les abandonna bien vite, dès que les avions lui permirent de gagner plus de quinze jours de perte de temps !

Bien peu d'hommes de science, contemporains de Yersin et encore vivants, ont été assez heureux pour avoir pu, à leurs débuts, comme lui, travailler,

sous les yeux de Pasteur. Il a fait honneur à ce maître illustre, à sa Maison, à la Science française.

Il emporte le respect ainsi que les regrets de l'Académie et de ceux qui ont pu l'approcher.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le magnésium de l'eau de pluie récoltée à Grignon.* Note de M. **Gabriel Bertrand**.

J'ai continué d'approfondir l'étude de la composition chimique de l'eau de pluie dont j'ai eu l'honneur, en 1935, de présenter les premiers résultats à l'Académie (1), cette étude paraissant devoir intéresser au plus haut point l'importante question du cycle des éléments à travers le monde minéral et le monde vivant, intervenir dans la solution de nombreux problèmes ayant trait au développement et à la santé des plantes, des animaux et de l'Homme.

Au début de mes recherches, j'avais comme objectif la détermination beaucoup plus précise qu'on l'avait faite jusqu'alors de la quantité de soufre contenue dans les eaux météoriques. Mon attention s'est portée dans la suite sur d'autres éléments, en particulier sur le magnésium auquel est consacrée surtout la présente communication.

Comme je l'ai décrit en 1935, de l'eau avait été récoltée directement dans de grandes éprouvettes cylindriques de verre, partiellement enterrées dans le champ d'expériences de l'École nationale d'Agriculture de Grignon. L'ouverture des éprouvettes était située à $40^{cm}$ au-dessus du sol. Pour éviter que des particules de terre rebondissent dans l'intérieur, lors de fortes averses, la surface du sol était recouverte autour de chaque récipient d'une couche épaisse de paille. La durée de la récolte avait été fixée à douze mois consécutifs (2). Pendant l'hiver, une certaine proportion d'alcool pur a dû être ajoutée afin de prévenir le gel de l'eau déjà rassemblée et la rupture des éprouvettes. Pendant la saison chaude, de petites algues et des infusoires se sont développés aux dépens des substances dissoutes. Il a fallu tenir compte de l'apport des poussières, composées principalement de sable et d'argile et de la formation des microorganismes pour décider du choix de la méthode d'analyse et pour interpréter au mieux les résultats.

Dans le cas du soufre, le contenu d'une éprouvette était transvasé dans un ballon et évaporé à sec par distillation dans le vide; le résidu était ensuite oxydé, comme pour le dosage du soufre total dans une plante ou de la terre, et le métalloïde précipité finalement à l'état de sulfate de baryum.

---

(1) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 309.

(2) Je tiens à remercier M. Guérillot, professeur à l'École nationale de Grignon, du bienveillant et dévoué concours qu'il m'a apporté au cours de cette récolte.

Le dosage terminé, au lieu de jeter les eaux mères et de lavage du précipité barytique, j'en ai examiné la composition. C'est ainsi que j'y ai trouvé des quantités appréciables de magnésium (³).

L'eau distillée, l'alcool et tous les réactifs utilisés au cours des analyses ayant été purifiés par moi, ces quantités de magnésium ont retenu mon attention. J'ai d'abord supposé, ce qui était *a priori* très vraisemblable et, en tout cas, le plus simple, que ce magnésium avait pour origine essentielle les matières minérales provenant du sol situé au voisinage des éprouvettes et transportées à l'intérieur par le vent.

Un échantillon de cette terre, séchée et passée au tamis à maille de $1^{mm}$, a été soumis à la même méthode d'analyse que le résidu des éprouvettes : il n'y a pas été trouvé une proportion de magnésium assez grande pour expliquer celle qui avait été dosée dans le résidu.

J'ai été amené ainsi à chercher si une partie du magnésium ne provenait pas directement de l'eau de pluie. En conséquence, j'ai analysé le contenu d'une troisième éprouvette en opérant, cette fois, séparément sur le liquide et sur le dépôt. En outre, au lieu d'attaquer ce dépôt par fusion alcaline, opération qui libère une grande quantité de silice, nuisible à la précision du dosage des éléments métalliques, je l'ai incinéré, puis traité par l'acide chlorhydrique dans des conditions suffisant à dissoudre le magnésium facilement attaquable. J'ai obtenu, après élimination des oxydes d'aluminium et de fer,

| | Calcium. | Magnésium. |
|---|---|---|
| Dans le liquide......... | 0,0884 | 0,0043 |
| » dépôt.......... | 0,2029 | 0,0339 |
| Total...... | 0,2913 | 0,0382 |

J'ai également cherché ce que la terre de Grignon, prélevée au voisinage de l'éprouvette et traitée de la même manière que le dépôt, pouvait avoir cédé aux réactifs, quelle part de ce métal trouvé dans l'analyse du contenu de l'éprouvette était, par suite, attribuable aux poussières terrestres apportées par le vent. Les chiffres ci-dessous ont été obtenus :

| | | |
|---|---|---|
| Calcium.......... | 1,68 % | de terre |
| Magnésium........ | 0,29 | |

En supposant, comme au sujet des deux précédentes récoltes météoriques, que le dépôt minéral de l'éprouvette ait été formé de la terre avoisinante, on calcule qu'il aurait donné à l'analyse $22^{mg},9$ de magnésium. Or, il en a été trouvé 38,2

Cette fois encore, le contenu total en magnésium de l'eau recueillie, des

(³) On trouvera les renseignements analytiques et les résultats qui ne peuvent trouver place ici dans un Mémoire en cours de publication.

végétations qui s'y étaient développées et du dépôt minéral est supérieur, et très nettement supérieur, à la quantité de magnésium que le dépôt minéral seul aurait pu fournir à l'analyse s'il avait été constitué par de la terre.

Je me suis demandé, avant de tirer une conclusion ferme de ces résultats, quelle part du magnésium contenu dans le liquide filtré pouvait venir de l'action dissolvante de l'eau sur les poussières terrestres tombées au jour le jour dans les éprouvettes, et même sur le verre de ces éprouvettes.

Pour répondre à la première de ces questions, 6g de terre fine de Grignon, non calcinée, ont été introduits dans un flacon de trois litres à bouchon de verre rodé, avec 2400cm³ d'eau, redistillée sous pression réduite dans un appareil de verre. Pendant 15 jours le flacon et son contenu ont été agités de 8 à 10 fois chaque jour, à raison de 100 secousses chaque fois. A cause de la pureté de l'eau, les particules terreuses ne se sont jamais déposées entièrement dans les intervalles des agitations, même durant les nuits. L'action de l'eau sur ces particules a pu s'exercer ainsi beaucoup mieux encore que dans les éprouvettes servant à la récolte de l'eau de pluie, où les poussières étaient presque toujours au fond.

Après les 15 jours, durant lesquels ont été effectuées, au total, 11500 secousses, le liquide a été filtré et sur 2000cm³, correspondant à 5g de terre, j'ai procédé à l'analyse. J'ai trouvé

| | g |
|---|---|
| Calcium......... | 0,0163 |
| Magnésium...... | 0,0004 |

La quantité de magnésium dosée dans cette expérience-témoin est très au-dessous de celle, 0g,0043, qui a été rencontrée dans l'eau filtrée de l'éprouvette.

Pour répondre à la seconde question, quatre litres d'eau redistillée ont été versés dans l'éprouvette n° 3. Cette éprouvette avait été, comme avant une récolte, brossée, passée à l'acide chlorhydrique et lavée à l'eau pure. Une fois garnie d'eau, l'ouverture avait été recouverte d'un cristalliseur renversé, lavé lui aussi à l'acide et à l'eau.

L'éprouvette ainsi préparée a été placée à l'extérieur d'une fenêtre du laboratoire, en plein midi, le 30 juillet. On l'y a laissée jusqu'au 30 octobre suivant, c'est-à-dire trois mois pleins.

L'eau est restée parfaitement incolore et limpide, sans trace visible à l'œil nu de microorganismes. Elle a été évaporée dans une capsule de platine avec 0g,20 de carbonate de sodium pur et le résidu a été minutieusement analysé. On y a rencontré 0g,001 de calcium et moins de 0g,0001 de magnésium. Quand on récolte l'eau du ciel, il n'y a, pendant longtemps, dans l'éprouvette, à cause de l'évaporation entre les chutes météoriques, qu'un volume de liquide compris entre quelques dizaines et quelques centaines de centimètres cubes. Ce volume s'accroît passablement dans les périodes de fortes averses, mais il

dépasse rarement 2 à 3 litres, même à la fin d'une année. La mise en contact de 4 litres d'eau distillée avec la paroi de l'éprouvette, dès le début de l'expérience dont la durée a été de trois mois, suffit donc largement à démontrer, compte tenu du résultat de l'analyse finale, que ce n'est pas à une dissolution partielle du verre de l'éprouvette qu'il soit permis d'attribuer les proportions de magnésium mises en évidence dans l'eau de pluie.

D'après l'ensemble des expériences que je viens d'exposer, il semble donc bien que l'eau de pluie récoltée à Grignon renferme de petites quantités de magnésium en dissolution et que ces quantités ne sont pas attribuables exclusivement aux poussières terrestres du voisinage.

## PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physiologie générale du Muséum National d'Histoire naturelle, pour la première ligne, M. *Maurice Fontaine* obtient 33 suffrages contre 9 à M. *Henri Simonnet*.

Pour la seconde ligne, M. *Henri Simonnet* obtient 32 suffrages; il y a 2 bulletins blancs et 2 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

*En première ligne*.............. M. **Maurice Fontaine**.
*En seconde ligne*.............. M. **Henri Simonnet**.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes par la mort de M. l'Amiral *Pirot*, pour la première ligne, M. *Georges Durand-Viel* obtient 48 suffrages; il y a 2 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Frédéric Marguet* obtient 36 suffrages; il y a 3 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

*En première ligne*........... M. **Georges Durand-Viel**.
*En seconde ligne*........... M. **Frédéric Marguet**.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes par la mort de M. *Émile Picard*, pour la première ligne, M. *Louis de Broglie* obtient 39 suffrages contre 6 à M. *Élie Cartan*.

Pour la seconde ligne, M. *Élie Cartan* obtient 34 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse comprendra :

*En première ligne*................ M. **Louis de Broglie**.
*En seconde ligne*................ M. **Élie Cartan**.

## CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques correspondances symboliques.* Note de M. S. Colombo, transmise par M. Joseph Pérès.

La fonction $\nu(x)$, définie par la relation

$$\nu(x)=\int_0^\infty \frac{x^t\,dt}{\Gamma(t+1)}, \tag{1}$$

possède des propriétés intéressantes que l'on peut établir facilement par le calcul symbolique d'Heaviside.

D'après un résultat de M. Pierre Humbert [1], on a la correspondance symbolique [2]

$$\frac{\varphi(\log p)}{\log p} \subset \int_0^\infty \frac{x^t f(t)\,dt}{\Gamma(t+1)}, \tag{2}$$

où

$$\varphi(p) \subset f(x).$$

En posant dans (2) $f(t)=a^t$, on a

$$\varphi(p)=\frac{p}{p-\log a}$$

et

$$\frac{1}{\log\frac{p}{a}} \subset \int_0^\infty \frac{x^t a^t\,dt}{\Gamma(t+1)},$$

d'où l'on tire immédiatement

$$\frac{1}{\log p} \subset \nu(x).$$

Il est évident que $\nu(x)$ tend vers une limite finie quand $x$ tend vers zéro : or comme

$$\lim_{p\to\infty}\varphi(p)=\lim_{x\to 0} f(x),$$

on en déduit $\nu(0)=0$. Ce qui permet d'écrire la correspondance

$$\frac{p}{\log p} \subset \nu'(x).$$

Par ailleurs l'on peut exprimer $\nu(x)$ au moyen de l'intégrale de Bromwich-Wagner,

$$\nu(x)=\frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \frac{e^{zx}\,dz}{z\log z}.$$

---

(1) *Bull. Soc. Math. France*, 65, 1937, p. 119.

(2) Notations du Fascicule C du *Mémorial des Sc. Math.* (Mc Lachlan et P. Humbert).

Utilisons à présent la correspondance symbolique connue

$$\varphi(\sqrt{p}) \subset \frac{1}{\sqrt{\pi x}} \int_0^\infty e^{-\frac{t^2}{4x}} f(t)\, dt. \tag{3}$$

Nous en tirerons

$$\frac{2}{\log p} \subset \frac{1}{\sqrt{\pi x}} \int_0^\infty e^{-\frac{t^2}{4x}} \nu(t)\, dt,$$

d'où l'équation intégrale, vérifiée par $\nu(x)$,

$$2\sqrt{\pi x}\,\nu(x) = \int_0^\infty e^{-\frac{t^2}{4x}} \nu(t)\, dt.$$

Écrivons encore

$$\nu'(x) = \int_0^\infty \frac{t x^{t-1}\, dt}{\Gamma(t+1)},$$

et appliquons la formule $\Gamma(t+1) = t\Gamma(t)$ : nous trouvons l'équation

$$\nu(x) - \nu'(x) = \int_0^{-1} \frac{x^t\, dt}{\Gamma(t+1)},$$

qui peut se généraliser sous la forme

$$\frac{d^m \nu}{dx^m} - \frac{d^n \nu}{dx^n} = \int_{-m}^{-n} \frac{x^t\, dt}{\Gamma(t+1)}.$$

On peut d'autre part étudier de la même manière les propriétés d'une fonction plus générale,

$$\mu_m(x) = \int^\infty \frac{x^t t^m\, dt}{\Gamma(t+1)},$$

définie symboliquement par

$$\mu_m(x) \supset \frac{\Gamma(m+1)}{\log^{m+1} p}.$$

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Extension des équations de Lagrange et d'Appell à des systèmes soumis à des liaisons non holonomes plus complexes que les liaisons de Neumann.* Note de M. **Charles Platrier**, présentée par M. Albert Caquot.

Soit un système matériel occupant un espace (D), système à liaisons bilatérales, holonomes, dont la position dépend de $(k)$ paramètres $(q_i)$ [$(i)$ variant de (1) à $(k)$]. Soumettons ce système à des liaisons supplémentaires définies par les relations

$$\mathcal{L}_j = 0 \qquad [(j) \text{ variant de (1) à } (h)], \tag{1}$$

les fonctions $(\mathcal{L}_j)$ dépendant des paramètres de position $(q_i)$, des paramètres

de vitesse $(q'_i)$ et *des paramètres d'accélération* $(q''_i)$ et admettant des dérivées partielles premières par rapport à ce dernier groupe de paramètres.

Soit $(\overline{\Phi})$ la force par unité de masse qui s'exerce sur un élément matériel du système considéré, élément occupant le volume $(d\tau)$, ayant la densité $(\rho)$ et l'accélération $(\overline{\gamma})$.

En dehors de ses conditions initiales, le mouvement du système est défini par les *conditions nécessaires et suffisantes pour que l'intégrale*

$$\mathcal{G} = \frac{1}{2}\int_{\mathrm{D}} (\overline{\Phi} - \overline{\gamma})^2 \rho \, d\tau,$$

*considérée comme une fonction des paramètres d'accélération seulement*, soit *minimum*, c'est-à-dire [en désignant par $(\mathfrak{T})$ l'énergie cinétique du système, *compte non tenu* des liaisons supplémentaires (1)] par les $(k)$ conditions nécessaires et suffisantes

$$(2) \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial \mathfrak{T}}{\partial q'_i} - \frac{\partial \mathfrak{T}}{\partial q_i} + \sum_{j=1}^{j=h} \lambda_j \frac{\partial \mathcal{L}_j}{\partial q''_i} = \int_{\mathrm{D}} \left( \overline{\Phi} \cdot \frac{\partial \overline{\gamma}}{\partial q''_i} \right) \rho \, d\tau \qquad [(i) \text{ variant de } (1) \text{ à } (k)],$$

jointes aux $(h)$ conditions de liaisons supplémentaires (1).

Les $(h+k)$ équations (1) et (2) et les conditions initiales du mouvement déterminent les $(h)$ fonctions $(\lambda_j)$ et les $(k)$ fonctions $(q_i)$ dont dépend le mouvement du système.

Le *cas classique des liaisons non holonomes*, cas signalé la première fois par Neumann en 1888, est celui où les fonctions $(\mathcal{L}_j)$ sont les dérivées premières par rapport au temps de fonctions des paramètres de position et linéaires des paramètres de vitesse.

Le *cas des liaisons holonomes* est celui où les fonctions $(\mathcal{L}_j)$ sont les dérivées secondes par rapport au temps de fonctions des paramètres de position.

Mais les formules (1) et (2) expriment les équations du mouvement de *systèmes à liaisons beaucoup plus générales*, où les conditions supplémentaires de liaisons (1) dépendent d'une manière quelconque des paramètres de vitesse et d'accélération, et c'est là l'intérêt essentiel de la présente Note et une extension nouvelle de la mécanique analytique.

De plus, si l'on désigne par $(\mathfrak{S})$ l'énergie d'accélération du système [*compte non tenu* des liaisons supplémentaires (1)], on peut encore étendre les équations (2) du mouvement à des *systèmes qui dépendent d'un nombre infini de paramètres de position et d'un nombre infini de paramètres de vitesse*, mais d'un nombre fini $(k)$ de paramètres d'accélération $(g_1, g_2, \ldots, g_k)$ en écrivant lesdites équations sous la forme

$$\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial g_i} + \sum_{j=1}^{j=h} \lambda_j \frac{\partial \mathcal{L}_j}{\partial g_i} = \int_{\mathrm{D}} \left( \overline{\Phi} \cdot \frac{\partial \overline{\gamma}}{\partial g_i} \right) \rho \, d\tau.$$

Enfin, pour les systèmes en question, les *équations d'équilibre* se déduisent des équations ci-dessus du mouvement, en annulant les paramètres d'accélération et de vitesse dans les relations

$$\sum_{j=1}^{j=h} \lambda_j \frac{\partial \mathcal{L}_j}{\partial g_i} = \int_D \left( \overline{\Phi} . \frac{\overline{\partial \gamma}}{\partial g_i} \right) \rho \, d\tau \qquad [(i) \text{ variant de } (1) \text{ à } (k)],$$

$$\mathcal{L}_j = 0 \qquad [(j) \text{ variant de } (1) \text{ à } (h)].$$

AÉRODYNAMIQUE. — *Contribution à l'étude de l'hélice propulsive. Détection des sillages sur les pales.* Note de M. **Louis Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

A. Sur la conception des études qualitatives. — Ce travail fait partie d'une recherche d'ensemble sur l'étude quantitative et qualitative de l'hélice propulsive : *il a paru intéressant en effet de contrôler et de dédoubler les mesures des coefficients caractéristiques et du rendement propulsif par des indications qualitatives, sous réserve que ces dernières se prêtent à une interprétation et une exploitation faciles.*

L'idée de l'étude des *traces d'écoulement* sur les obstacles, et notamment la détection automatique, fidèle et instantanée des sillages, a été exposée dans plusieurs publications [1], j'en rappelle le principe : la surface de l'obstacle est rendue sensible à l'action d'un réactif gazeux de telle façon que la réaction chimique résultante provoque un *virage colorimétrique*; en particulier, si l'opération a lieu dans le sillage, il y aura aussitôt, grâce au phénomène de *diffusion turbulente*, transfert de réactif dans tout le volume du sillage jusqu'à sa *trace sur l'obstacle*. La région correspondante de la paroi subira un changement de couleur dont la limite avancée définit la *ligne de décollement*.

*De la position et de la forme de cette ligne, on pourra juger de l'importance du sillage et tirer des conclusions sur les qualités aérodynamiques de l'obstacle qui, par ailleurs, sont mesurées directement.*

B. Technique expérimentale. — *L'hélice* tripale métallique, de $0^m,20$ de diamètre, est montée sur le fuseau-moteur d'un banc d'essai spécial.

La sensibilisation chimique des pales est basée sur l'emploi d'enduits en couche ultra-mince, que j'ai utilisés au cours d'essais antérieurs.

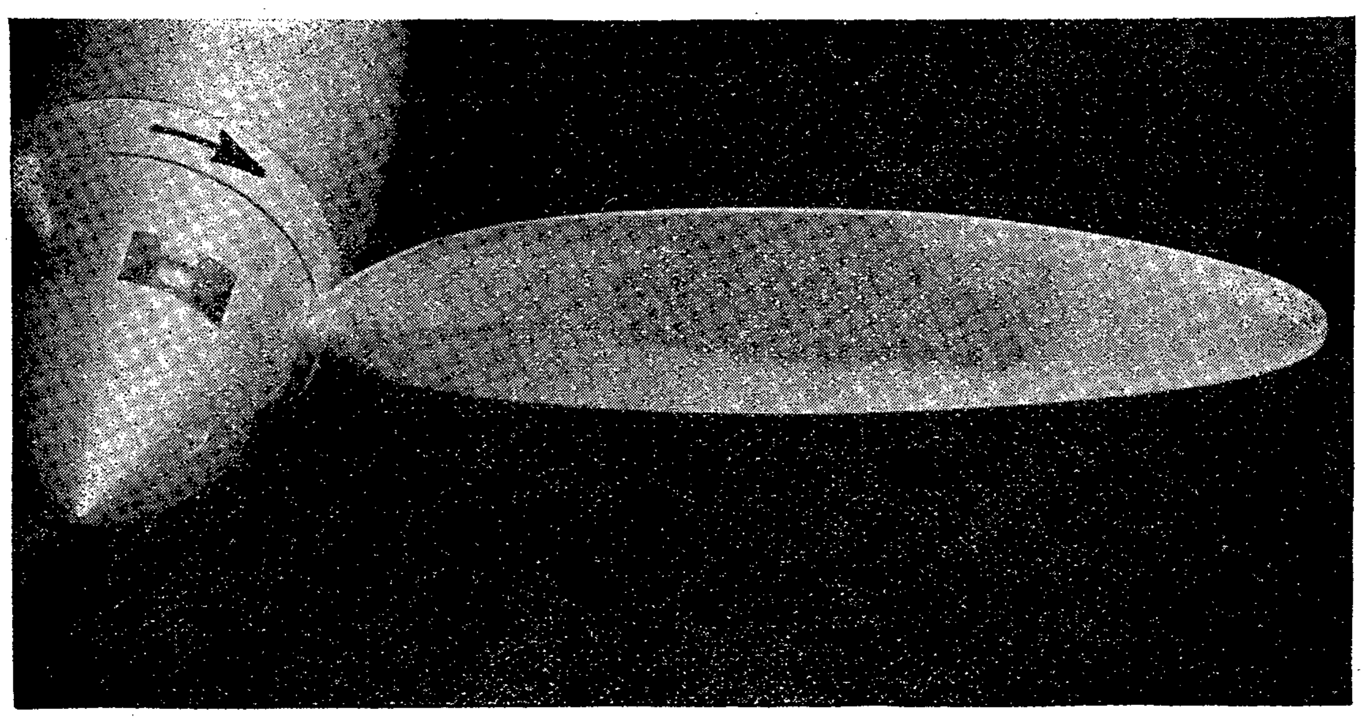
*L'injection de réactif* s'effectue avec un tube fixé le long du fuseau-moteur et qui transporte l'air chargé de réactif derrière le cercle balayé par l'hélice, aussi près que possible des pieds de pale. Le débit est intermittent : au cours de la rotation de l'hélice, le sillage tournant de chaque pale vient coiffer l'extrémité du tube injecteur, une fois par tour, et cela pendant un temps très bref;

---

[1] *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1313; **206**, 1938, p. 315; **208**, 1939, p. 727. Note technique n° **2** du Secrétariat d'État à l'Aviation, 1942.

c'est durant cette éclipse totale que se fait l'injection, dont la durée moyenne est de l'ordre de 1/2000 de seconde pour les expériences décrites ici. Malgré ce temps très court, le réactif pénètre dans le sillage fuyant des pales, pour y engendrer l'inscription des traces colorées.

*L'observation et la photographie* des traces d'écoulement n'offrent aucune difficulté. Les colorants sont *jaunes* à l'état neutre, l'injection est suivie d'un virage au *rouge vif*. La photographie est réalisée avec des émulsions du commerce, sans écrans filtrants. Sur l'épreuve positive, la trace rouge du sillage apparaît en noir, tandis que le reste de la surface, de couleur jaune, se présente en gris très clair.



Décollement sur une hélice (pas relatif $h_0 = 1{,}27$, $V/nD = 0{,}8$).

C. Nature physique des sillages locaux. — La figure ci-dessus reproduit une photographie d'auto-inscription. On distingue la zone foncée de la trace du sillage, qui s'étend sous forme d'une bande le long du bord de fuite en couvrant une portion importante de l'extrados. On remarque la netteté de la ligne de décollement.

*Le phénomène de diffusion.* — A la suite de son injection quasi ponctuelle, le réactif se répand dans tout le sillage pour avancer jusque dans les régions marginales. Cette diffusion rapide, homogène et automatique des molécules du réactif s'accomplit sous l'effet simultané de la force centrifuge et de la turbulence locale :

1° Sous l'action de la force centrifuge, elles sont transportées radialement, dans le sens de l'axe de la pale d'hélice.

2° Sous l'action de la turbulence locale, elles se diffusent transversalement, entre le bord de fuite et la ligne de décollement, dans le sens de la corde de la pale.

*Le phénomène de décollement.* — Tandis que les vitesses radiales sont prépondérantes dans le sillage, dans le fluide issu du bord d'attaque, la vitesse

est dirigée suivant la corde du profil. Cette singularité du champ des vitesses (surface de discontinuité) explique les apparences d'instabilité de la ligne de décollement : l'on y observe, pour certains régimes de l'hélice, une succession de sauts brusques et désordonnés suivant deux directions rectangulaires (axe et corde de la pale), comme si l'on assistait à la déchirure de la trame d'un tissu.

D. Conclusion. — L'existence des sillages locaux nettement définis confirme la théorie alaire de l'hélice. Il se dessine, de toute évidence, une nouvelle étape des recherches sur l'étude comparative du décollement et du rendement propulsif en fonction de $V/nD$ ou de l'incidence locale.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode de détermination des distances d'étoiles doubles inférieures au pouvoir séparateur.* Note de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré ([1]) comment la formule semi-empirique

$$\rho = \varepsilon\sqrt{\alpha}, \qquad (1)$$

où $\varepsilon = 1{,}22\lambda/D$, donne la distance $\rho$ en fonction de l'aplatissement $\alpha$ de l'image de diffraction quasi elliptique d'une étoile double non résolue.

Les premières observations, faites par simple estimation visuelle du rapport des axes $R = 1 - \alpha$ de l'image, indiquaient une précision encourageante.

Je présente ici les résultats de la discussion de 160 mesures environ, portant sur 15 étoiles ($\rho = 0''25$ à $1''10$; $m = 3{,}9$ à $6{,}5$; $\Delta m = 0{,}0$ à $1{,}1$; Sp. A0 à G5) et obtenues en 10 séances (1942,214 à 1942,629) avec 7 ouvertures différentes ($D = 8$, 10, 12, 14, 16, 18, 20 cm) au réfracteur de 0,20 m. $f_{\min} = 2{,}621$ m. à $\lambda_m = 0{,}568\,\mu$; Gr. $= 215$ à 1600) de l'Observatoire du Houga, généralement sans filtre ([2]) et par images de qualité très variée (Im. $= 1$ à 5,5 dans une échelle empirique liée à la turbulence par $t/\varepsilon = 0{,}18$ Im.).

A. Erreurs systématiques. — 1. *Grossissement.* — Confirmation des premiers résultats : l'image est vue trop ronde ($\alpha$ trop petit) avec un grossissement trop faible. Cet effet est une conséquence de la limitation du pouvoir séparateur de l'œil. Si $\nu = G/Gr$ (Gr. $=$ grossissement *résolvant*, soit 100 pour $D = 200$ mm.), la correction pour réduire au rapport de grossissement favorable $\nu = 6{,}0$, est $\Delta_1\alpha = \alpha F(\nu)$, où $F(\nu) = +0{,}08:$; $+0{,}026$; $0$; $-0{,}021$; $-0{,}025$; $-0{,}03:$ pour $\nu = 4$, 5, 6, 8, 10, 15.

2. *Agitation atmosphérique.* — L'aplatissement est surestimé par mauvaises images ($\alpha$ trop grand). Cet effet est lié aux déformations du faux disque

---

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 762; **216**, 1943, p. 332.

([2]) Dans le cas contraire, il a été tenu compte de la variation de longueur d'onde effective.

provoquées par la turbulence. La correction pour réduire à la qualité d'image moyenne $I = 3,0$ ($t/\varepsilon = 0,55$) est $\Delta_2 \alpha = -0,0015\alpha(I^3 - 27)$.

3. *Ouverture*. — Pour les paires observées avec plusieurs ouvertures, la distance donnée par (1) dépend de l'ouverture : $\varepsilon\sqrt{\alpha}$ dépend de $\alpha$. Cet effet peut provenir en partie des approximations consenties dans l'établissement de la formule simple (1), mais il doit être imputé surtout aux erreurs systématiques personnelles dans l'évaluation de $\alpha$. La formule de correction pour réduire à $\alpha = 0,30$, milieu de l'intervalle utile et zéro de $\partial(\varepsilon\sqrt{\alpha})/\partial\alpha$, est $\Delta_1 \rho = +60\rho(\alpha - 0,3)^4$.

4. *Magnitude*. — L'estimation de $\alpha$ nécessite un faux disque de brillance suffisante aux grossissements utilisés, ce qui donne (1) la condition $m < M$, si $M = 5 \log D - 4,5$. On constate en effet que la distance obtenue, pratiquement constante pour $M - m > 1$, décroît rapidement pour $M - m < 0$. Cet effet est lié à la chute rapide du pouvoir séparateur de l'œil lorsque la brillance décroît.

Cette variation a été mise à profit à la fois pour simplifier avantageusement la formule (1) en prenant

$$(2) \qquad \varepsilon = \frac{140''}{D}(1 + 0,007S) \qquad (S = -1, 0, 1, 2, \dots \text{ pour Sp.} = \text{B0, A0, F0, G0}, \dots)$$

et pour annuler les écarts systématiques O — C par rapport aux mesures micrométriques, en réduisant à $M - m = +1,0$. La correction est $\Delta_2 \rho = \rho\Phi(M - m)$ où $\Phi = -0,006$; $0$; $+0,014$; $+0,043$; $+0,12$; $+0,17:$; $+0,24$ : pour $M - m = +2$; $+1,0$; $+0,5$; $0,0$; $-0,5$; $-1,0$; $-1,5$. Il convient donc, en pratique, de respecter la condition $M - m > 0$.

B. Erreurs accidentelles. — La dispersion des mesures ne semble pas croître aussi vite avec l'agitation atmosphérique que ne l'indiquaient les premières observations. Il paraît légitime de combiner avec le même poids les $\alpha$ évalués par $t/\varepsilon \leqq 0,7$. Par contre les estimations deviennent rapidement incertaines au delà, et il est préférable de ne pas dépasser $t/\varepsilon = 0,8$. Quelques estimations tentées par $t/\varepsilon = 0,9$ à $1,0$ sont fortement aberrantes et ont dû être rejetées.

L'erreur moyenne d'une estimation de $\alpha$ de poids 1 ($t/\varepsilon \leqq 0,7$), après réduction à $\nu = 6$ et $I = 3$, est bien représentée par

$$|E_\alpha| = 0,02 + 0,04\alpha.$$

L'erreur moyenne correspondante sur $\rho$ : $|E_\rho| = 0,01/\alpha + 0,02$ croît donc de 4 % à 6, 10 et 22 % lorsque $\alpha$ décroît de 0,50 à 0,25; 0,12 et 0,05; d'où les poids relatifs, proportionnels à $E_\rho^{-2}$, à attribuer dans la combinaison des distances d'une même étoile obtenues à partir d'ouvertures, c'est-à-dire d'aplatissements variés.

C. Résultats. — Finalement, pour les 15 étoiles étudiées, les O — C obtenus

sont complètement indépendants de $\alpha$, de $M - m$, du type spectral et de $\Delta m$ (au moins pour $\Delta m < 1$ mag.). Aucun écart n'atteint $\pm 0'',025$; leur moyenne brute est $\pm 0'',012$, leur moyenne pondérée $\pm 0'',006$, et, en fait, une bonne part de cette dispersion doit être attribuée à l'incertitude des distances *calculées*, fondées sur les meilleures orbites et mesures micrométriques récentes. J'ajoute que les angles de position estimés ou mesurés simultanément confirment entièrement la réalité des élongations observées; la moyenne des O — C en angle est $\pm 10°$ (12 étoiles) ou même $\pm 5°$ (9 étoiles) en rejetant 3 paires très serrées et mesurées une seule nuit.

On peut donc conclure fermement que la méthode permet de déterminer très simplement, avec les instruments courants, les distances de $0'',2$ à $1''$ environ au centième de seconde d'arc près, précision réelle dont n'est pas susceptible le micromètre à fils associé aux plus grands instruments.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Détermination du* facteur de forme *des conducteurs cylindriques placés dans un champ magnétique alternatif uniforme dont la direction est parallèle à l'axe.* Note de M. **Maurice Leblanc**, présentée par M. Aimé Cotton.

En vue de recherches ultérieures, nous avons été conduit à examiner les méthodes classiques de calcul de la *résistance équivalente* d'un conducteur cylindrique placé dans un champ magnétique alternatif uniforme dont la direction est parallèle à son axe. M. Ribaud a établi (*Journ. de Physique et Radium*, nov. 1932) que, $d$ étant le diamètre du cylindre, $h$ sa hauteur, $\rho$ sa résistivité, $n$ le nombre de spires du solénoïde inducteur comprises dans la hauteur $h$, I le courant efficace de pulsation $\omega$ dans le solénoïde, l'énergie recueillie dans le cylindre a pour valeur

$$W = n^2 I^2 \frac{\pi d}{h} \sqrt{2\pi\rho\omega}.$$

La substance placée à l'intérieur du solénoïde se comporte vis-à-vis de celui-ci comme une résistance supplémentaire égale à $n^2 R$, R désignant la résistance de la substance assimilée à un cylindre mince d'épaisseur $\varepsilon$ ($\varepsilon$, épaisseur de peau équivalente),

$$R = \frac{\pi d \rho}{h \varepsilon}.$$

Dans le cas où le diamètre du cylindre est suffisamment grand, les courants induits se propagent en effet seulement dans une épaisseur faible par rapport au diamètre.

La quantité $n^2 R$ est la *résistance équivalente* de la charge placée dans le four.

Dans une étude mathématique parue en 1931 dans les publications de

l'Institut Polytechnique de Zürich, B. Radulet a montré que cette méthode ne conduit à des résultats pratiquement utilisables que si la hauteur $h$ du cylindre vaut au moins 10 fois son diamètre $d$. S'il n'en est pas ainsi, la quantité d'énergie $W_h$ dégagée dans le cylindre de hauteur $h$ est, toutes choses égales d'ailleurs, plus grande que celle $W_i$ qui serait dégagée dans une portion de même hauteur $h$ considérée isolément dans un cylindre de même diamètre et de longueur infinie. Le rapport $K_f = W_h/W_i$ est appelé *facteur de forme* relatif à la valeur $h/d$.

Radulet a établi que, pour les valeurs moyennes de $h/d$, on avait sensiblement $K_f = 1 + 2,1\,d/h$. Ses vérifications expérimentales se sont limitées à $h/d = 0,1595$ comme plus petite valeur de ce rapport. Il était admis que les valeurs de $W_h$ continuaient à décroître quand le rapport $h/d$ tendait vers zéro. En opérant sur des rondelles de plomb pour lesquelles le rapport $h/d$ était inférieur à la valeur limite de Radulet, nous avons observé que la quantité d'énergie recueillie $W_h$ passait par un minimum, puis par un maximum avant de s'annuler pour $h = 0$. Par exemple, avec des rondelles de plomb de diamètre $20^{mm}$ dont la hauteur variait de $10^{mm}$ à $0^{mm},03$, chauffées dans un four à induction à la fréquence 100000, on a relevé les valeurs suivantes de $W_h$ (valeurs relatives) :

| $h$(mm).. | 10 | 5 | 2,5 | 2 | 1 | 0,8 | 0,5 | 0,1 | 0,05 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h/d$...... | 0,5 | 0,25 | 0,125 | 0,1 | 0,05 | 0,04 | 0,025 | 0,005 | 0,0025 |
| $W_h$...... | 33,8 | 28 | 25,5 | 24,7 | 27,8 | 44,3 | 47,5 | 45,5 | 22,5 |

On observe un minimum pour $W_h$ aux environs de la valeur $h/d = 0,08$ et un maximum aux environs de la valeur $h/d \doteq 0,012$.

Pour des rondelles de plomb de diamètre $40^{mm}$, nous avons trouvé de façon analogue :

| $h$(mm)... | 5 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,08 | 0,05 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h/d$....... | 0,125 | 0,075 | 0,05 | 0,025 | 0,012 | 0,005 | 0,0025 | 0,002 | 0,0012 |
| $W_h$....... | 131 | 104 | 122 | 158 | 232 | 350 | 317 | 268 | 229 |

On observe donc un minimum pour $W_h$ aux environs de la valeur $h/d = 0,075$ et un maximum aux environs de la valeur $h/d = 0,03$. Ces minima et ces maxima sont d'autant plus nettement accusés que le diamètre de la rondelle est plus grand vis-à-vis de l'épaisseur de peau correspondant aux conditions de l'essai.

Voici ce que nous avons constaté en opérant sur des rondelles de plomb de différents diamètres, 10, 20, 40, 52, $95^{mm}$ :

1° la valeur maxima de l'énergie recueillie est sensiblement proportionnelle au cube du diamètre de la rondelle;

2° la valeur minima est sensiblement proportionnelle au carré du diamètre;

3° l'épaisseur correspondant au maximum est sensiblement inversement proportionnelle au diamètre;

4° l'épaisseur correspondant au minimum est sensiblement proportionnelle au diamètre;

5° si l'on opère à différentes fréquences, l'épaisseur correspondant au minimum varie, de façon approchée, en rapport inverse de la fréquence.

Les résultats ont été vérifiés sur des rondelles de laiton de $130^{mm}$ de diamètre à la fréquence de 50. Sur des rondelles de graphite de 20 et $40^{mm}$ à la fréquence de 100000 on ne les retrouve pas, le diamètre n'étant pas assez grand vis-à-vis de l'épaisseur de peau; la courbe qui représente $W_h$ en fonction de $h$ présente seulement un léger palier.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Échauffement d'un disque mince dont les faces sont normales à un champ magnétique alternatif.* Note de M. **Gustave Ribaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans un champ magnétique alternatif uniforme de pulsation $\omega$, plaçons un cylindre conducteur de rayon fixe $r$, d'axe parallèle aux lignes de force et dont nous varierons la hauteur $h$.

Pour des valeurs appréciables du rapport $h/r$, la courbe qui représente l'énergie W dissipée par induction dans le cylindre en fonction de $h$ a sensiblement l'allure d'une droite qui passe au-dessus de l'origine; pour de faibles valeurs de $h$ l'expérience (¹) montre que cette énergie, au lieu de tendre régulièrement vers zéro (quand $h$ tend vers zéro), passe par un minimum $W_m$, croît ensuite jusqu'à une valeur maximum $W_M$ et décroît ensuite jusqu'à zéro.

On peut donner de ce phénomène une théorie en parfait accord avec l'expérience, qualitativement et quantitativement. Dans ce qui suit nous supposerons le rayon $r$ grand par rapport à l'épaisseur de peau $\varepsilon$ dans le métal ($r/\varepsilon > 5$). Par raison de symétrie, les lignes de force sont toutes situées dans des plans passant par l'axe $Oz$ du cylindre, et la densité $\sigma$ du courant induit est uniforme sur une circonférence de rayon $x$ et centrée sur l'axe.

Au lieu d'écrire les équations générales de Maxwell, on peut raisonner sur la portion de solide de révolution comprise entre les rayons $x$ et $x+dx$ et les plans $z$ et $z+dz$. Si l'on désigne par $H_x$ et $H_z$ les composantes radiale et normale du champ magnétique, le théorème d'Ampère, appliqué à la face normale aux lignes de courant, fournit l'équation

$$4\pi\sigma = \frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x}, \tag{1}$$

le théorème de Faraday appliqué, d'une part à la portion de face cylindrique de rayon $x$, d'autre part à la portion de face plane normale à l'axe, fournit les

(¹) *Voir* la Note précédente de M. Maurice Leblanc.

deux relations

$$\rho \frac{\partial \sigma}{\partial z} = \frac{\partial H_x}{\partial t} \tag{2}$$

et

$$\rho \left( \frac{\partial \sigma}{\partial x} + \frac{\sigma}{x} \right) = \frac{\partial H_z}{\partial t}. \tag{3}$$

Dans le second membre de l'équation (1), le terme $\partial H_z / \partial x$ est négligeable, du moins loin du bord extérieur du cylindre; l'ensemble des équations (1) et (2) conduit alors aisément à la relation classique

$$\frac{\partial^2 H_x}{\partial z^2} = \frac{4\pi}{\rho} \frac{\partial H_x}{\partial t}. \tag{4}$$

Nous supposerons d'abord que la hauteur $h$ du cylindre est nettement supérieure à $\varepsilon$ (quelques $\varepsilon$); l'équation (4) montre que le champ $H_x$ et la densité de courant $\sigma$ varient exponentiellement en profondeur à partir de la surface du cylindre suivant les relations

$$H_x = H_0 e^{-\frac{z}{\varepsilon}} \sin \left( \omega t - \frac{z}{\varepsilon} \right) \quad \text{et} \quad \sigma = \frac{H_0}{4\pi\varepsilon} e^{-\frac{z}{\varepsilon}} \quad \left( \varepsilon = \sqrt{\frac{\rho}{2\pi\omega}} \right). \tag{5}$$

On voit ainsi que le champ et les courants induits sont, sur chacune des faces planes, localisés dans une épaisseur $\varepsilon$ identique à l'épaisseur de peau habituelle.

Pour résoudre totalement le problème, il conviendrait d'expliciter le champ $H_z$ en fonction de $x$, ou, ce qui revient au même, la constante $H_0$ qui figure dans les équations (5) et qui dépend uniquement de $x$. Dans cette voie nous n'avons pas poussé plus avant les calculs; l'expérience nous a fourni directement la variation de $\sigma$ en fonction de $x$ en mesurant les échauffements de couronnes découpées dans le disque et séparées par de très faibles intervalles. Il est intéressant également de préciser que la répartition des courants dans chacune des faces doit fournir un champ axial uniforme et égal à $H_0/2$ dans l'espace compris entre les deux faces, de façon que le champ total soit nul dans toute la partie centrale du disque; autrement dit la recherche de la variation de $i = \sigma_0 \varepsilon$ avec $x$ se confond avec celle d'une répartition de courants circulaires fournissant un champ normal uniforme.

Nous supposerons dans la suite que cette répartition est de la forme $i = ax^n$.

*Calcul de l'énergie minimum* $W_m$. — Cette énergie minimum s'observe quand l'épaisseur du disque est de l'ordre de quelques $\varepsilon$; seules les faces planes peuvent être considérées comme fournissant de l'énergie. Pour calculer cette énergie, écrivons que le champ $\int_0^r \frac{2\pi i}{x} dx$ produit par une couche *en son centre* est égal à $H_0/2$; cette relation fournit la valeur de $a$ qui, transportée dans l'expression de l'énergie dissipée $\int_0^r \frac{2\pi \rho x}{\varepsilon} i^2 dx$, donne, pour une face

terminale,

$$W_m = H_{\text{eff}}^2 \frac{n^2 \rho r^2}{16\pi\varepsilon(n+1)}.$$

*Calcul de l'énergie maximum* $W_M$. — Dès que la hauteur $h$ devient nettement inférieure à $\varepsilon$, la densité de courant peut être considérée comme uniforme en profondeur ([2]); la self-inductance du disque a dès lors pour valeur $L = 2\pi^2 r(n+1)/n$; sa résistance est $R = \pi\rho(n+1)/h$. Le champ $H_0$ produit dans le disque une force électromotrice $E = \pi r^2 H_0 \omega$ et l'énergie dissipée a pour expression $W = E^2 R/(R^2 + L^2\omega^2)$; cette énergie est maximum lorsque $R = L\omega$, c'est-à-dire $h = n\rho/2\pi r\omega = n\varepsilon^2/r$ ([3]), et sa valeur maximum s'écrit

$$W_M = H_{\text{eff}}^2 \cdot \frac{n r^3 \omega}{4(n+1)}.$$

Les relations précédentes montrent que la hauteur optimum varie proportionnellement à $\varepsilon^2/r$; l'énergie maximum varie proportionnellement au cube du diamètre et ne dépend pas de la résistivité de la substance. Quant à l'énergie minimum, elle varie proportionnellement au carré du diamètre. Toutes ces lois se sont trouvées vérifiées par l'expérience.

PHYSICOCHIMIE. — *Emploi des basses températures dans l'étude des colloïdes.* Note de M. **Augustin Boutaric**, présentée par M. Charles Achard.

Maurice Piettre a montré l'intérêt que présente l'emploi des basses températures pour l'isolement des protéines. Dans la méthode de séparation qu'il a proposée sous le nom de *méthode de l'acétone à froid*, on évite toute dénaturation des protéines au contact du réactif déshydratant en réalisant à basse température (— 10°) l'ensemble des opérations. Mais la mise en œuvre des basses températures peut être d'un intérêt beaucoup plus général encore pour l'étude des solutions colloïdales. Ces solutions sont le siège d'une évolution spontanée ayant habituellement pour effet d'en diminuer la stabilité, qui peut être considérée comme le résultat de réactions chimiques dans lesquelles interviennent les particules colloïdales ainsi que les molécules et les ions du milieu de dispersion. Or la vitesse des réactions chimiques les plus diverses diminue avec la température. Il en est ainsi notamment de celles que produisent les diastases, les bactéries et les microbes au sein des denrées périssables, en sorte que la conservation par le froid n'est qu'une application de ce résultat d'observation.

De même l'emploi des basses températures permet de ralentir et dans beaucoup de cas d'arrêter pratiquement l'évolution des solutions colloïdales.

---

([2]) Nous supposerons encore $i$ de la forme $i = ax^n$.

([3]) Cette valeur est notablement plus faible que $\varepsilon$, ce qui justifie le calcul précédent.

Sans doute, ne peut-on refroidir la plupart de ces solutions au-dessous de 0°, car la congélation les détruirait, mais il est très commode de les conserver dans une chambre froide à 0° ou 1°.

Dans le cas des colloïdes organiques, l'emploi du froid s'impose pour la conservation de leurs solutions, même si, par addition d'un antiseptique approprié, ces colloïdes sont à l'abri des altérations microbiennes. Les nombres du tableau suivant sont relatifs à la viscosité $\eta$ par rapport à l'eau et à la densité optique $\delta$ d'une solution de gomme arabique à $87^g,83$ par litre, renfermant $1^g$ par litre de quinosol, pour des échantillons maintenus à 0° (A), 16° (B) et 36° (C), les mesures étant faites au bout de durées de conservation $t$ :

| $t$ (jours). | $\eta$(A). | $\delta$(A). | $\eta$(B). | $\delta$(B). | $\eta$(C). | $\delta$(C). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0......... | 6,68 | 0,068 | 6,68 | 0,068 | 6,68 | 0,068 |
| 1......... | 6,68 | 0,111 | 6,68 | 0,115 | 6,62 | 0,138 |
| 4......... | 6,62 | 0,111 | 6,57 | 0,116 | 6,43 | 0,517 |
| 21......... | 6,62 | 0,118 | 6,48 | 0,162 | 6,27 | 0,955 |

L'évolution des solutions colloïdales de synthèse peut être ralentie d'une manière comparable par l'emploi des basses températures. C'est ce que nous avons constaté par des mesures de densité optique, de viscosité, de coefficient d'aimantation sur des suspensions d'argile ou de bentonite, sur des sols de sulfure d'arsenic, d'hydrate ferrique, ou chromique, de pentoxyde de vanadium etc. Les nombres ci-dessous donnent la viscosité $\eta$ par rapport à l'eau d'un sol de $S^3As^2$ à $57^g,8$ par litre, maintenu à des températures égales à 0°, 9° et 33°, pendant des temps $t$ croissants :

| $t$ (jours).... | 0. | 4. | 14. | 27. | 47. | 77. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0°......... | 1,518 | 1,471 | 1,468 | 1,420 | 1,360 | 1,244 |
| 9 ......... | 1,518 | 1,409 | 1,393 | 1,306 | 1,214 | 1,160 |
| 33 ......... | 1,518 | 1,255 | 1,140 | 1,091 | 1,068 | 1,068 |

Les nombres du tableau suivant donnent, au facteur $10^{-6}$ près, les coefficients d'aimantation spécifique d'un sol d'hydrate ferrique à $51^g,04$ de $Fe^2O^3$ par litre dialysé 11 jours à 0° et conservé à 0°, 32° et 68° :

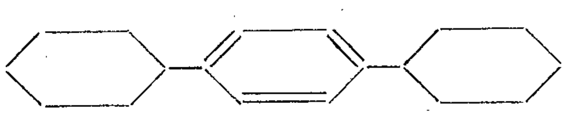
| $t$ (jours)... | 0 h. | 5 h. | 4 j. | 9 j. | 27 j. | 63 j. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0°......... | 42,51 | 42,41 | 41,73 | 41,64 | 41,64 | 39,69 |
| 32 ......... | 42,51 | 40,67 | 37,55 | 36,28 | 35,31 | 34,74 |
| 68 ......... | 42,51 | 34,10 | 31,22 | 30,69 | 30,16 | |

Dans toutes nos recherches, nous utilisons couramment les basses températures pour maintenir les solutions colloïdales dans un état à peu près invariable pendant des durées parfois très longues, alors qu'aux températures ordinaires, ces solutions éprouvent souvent des variations considérables d'un jour à l'autre.

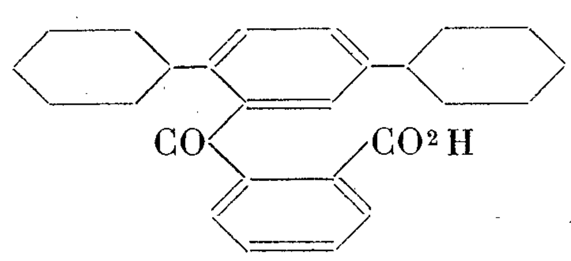
CHIMIE ORGANIQUE.. — *De l'emploi du cyclohexène dans la synthèse des carbures aromatiques polynucléaires.* Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

La fixation du cyclohexène sur les carbures aromatiques est une réaction devenue classique en Chimie organique, en particulier depuis les recherches de Bodroux ([1]). Le présent travail a pour but de montrer comment on peut tirer parti de cette réaction pour édifier des molécules de carbures aromatiques complexes, difficilement accessibles par d'autres voies de synthèse.

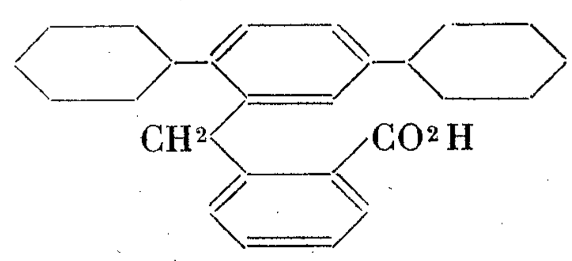
On sait que le cyclohexène s'additionne du benzène sous l'action de catalyseurs divers ($Cl^3Al$, $SO^4H^2$, $F^3B$, etc.) en donnant du cyclohexylbenzène et un peu de dicyclohexyl-1.4-benzène (I). Nous avons préparé de grandes quantités de ce dernier corps soit en employant $SO^4H^2$ dans la condensation, à la température de 50°, soit en fixant du cyclohexène sur le cyclohexylbenzène, également en présence de $SO^4H^2$. Le carbure obtenu ($E_{13}$ 192-195°, F 102-103°)



(I)

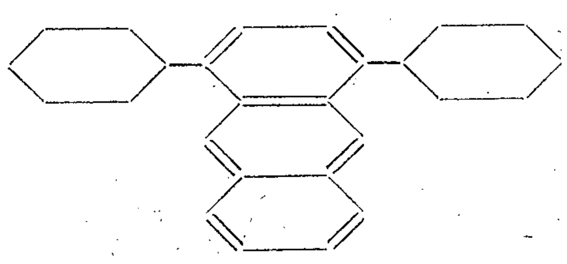


(II)

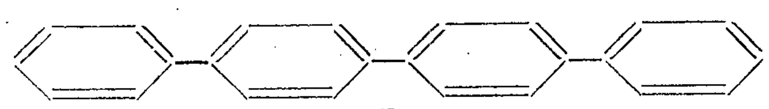


(III)

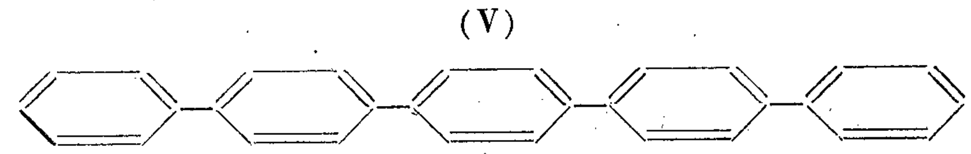
réagit aisément sur l'anhydride phtalique au sein du benzène, à froid, et en présence de $Cl^3Al$, pour donner l'acide dicyclohexyl-benzoyl-benzoïque (II) $C^{26}H^{30}O^3$ (fins cristaux F 207-208°, peu solubles dans $C^6H^6$, et donnant une coloration orangée avec $SO^4H^2$). Cet acide est réduit par la poudre de zinc cuivrée et l'ammoniaque en acide dicyclohexyl-benzyl-benzoïque (III) $C^{26}H^{32}O^2$ (cristallisant du toluène en fines aiguilles soyeuses F 194°). Le chlorure de cet acide est cyclisé en l'anthrone correspondante (non isolée à l'état pur) par $Cl^3Al$; par réduction de l'anthrone obtenue au moyen de poudre de zinc cuivrée et de soude caustique concentrée, on obtient directement le dicyclohexyl-1.4-anthracène (IV) [la fraction $E_2$ 250-280° a donné un picrate



(IV)



(V)



(VI)

se séparant de l'alcool en beaux cristaux rouge brun F 178-179° avec décomposition; de ce picrate, on régénère le carbure (IV) $C^{26}H^{30}$ pur, cristallisant de

---

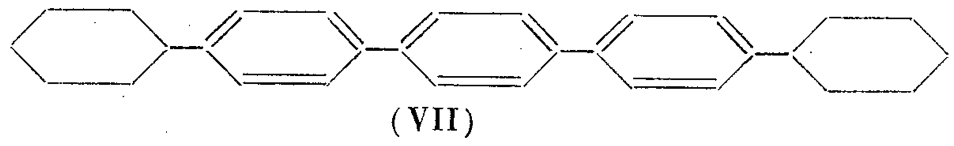
([1]) *Ann. Chim.* 10e série, **11**, 1929, p. 511.

l'alcool et fondant à 160-161°]. De pareils anthracènes n'ont pas encore été préparés jusqu'ici; nous nous proposons de poursuivre l'étude de ces corps.

D'ailleurs, en présence d'acide sulfurique concentré, l'anthracène s'additionne aisément au cyclohexène pour donner naissance à un mélange de plusieurs monocyclohexyl-anthracènes (probablement le 1- et le 2-cyclohexyl-anthracènes), se présentant sous la forme d'une huile très visqueuse $E_1$ 240° environ, incristallisable, et ne fournissant pas de picrates cristallisés; des fractions bouillant plus haut $E_1$ 270-300°, on isole une laque dont la composition correspond à des dicyclohexyl-anthracènes (cette portion ne donne pas non plus de picrates cristallisés).

L'analyse montre enfin que, dans les queues de distillation, il doit exister en outre des tricyclohexyl-anthracènes. Nous avons également étudié la cyclohexylation du phénanthrène, de l'acénaphtène et du pyrène; les résultats de cette étude seront rapportés dans un autre Recueil.

La fixation du cyclohexène sur le diphényle en présence d'acide sulfurique nous a donné une proportion notable de dicyclohexyl-4.4′-diphényle F 202°, $E_{12}$ 270-290° (mélangé à un isomère liquide, très visqueux) qui peut servir de matière première pour la synthèse du quaterphényle (V) par déshydrogénation au moyen de Se. Dans cette opération, on obtient avec de bons rendements le cyclohexyl-4. diphényle $E_{12}$ 207-210°, F 75°, qui est à son tour une bonne matière première pour la synthèse du terphényle (le dicyclohexyl-4.4′-diphényle et le cyclohexyl-4-diphényle ont été obtenus par Bodroux avec $Cl^3Al$ comme catalyseur). Ayant ainsi à notre disposition du terphényle, nous l'avons traité par le cyclohexène en présence de $SO^4H^2$ à 50° environ : il a été ainsi obtenu, 1° un mélange de monocyclohexyl-terphényles $E_{12}$ 280-300° environ où doit prédominer le dérivé para, car par déshydrogénation au moyen de Se à 350°, on obtient très facilement le quaterphényle (V), qui devient ainsi facilement accessible; 2° des quantités peu importantes de dicyclohexyl-4.4″-terphényle (VII) $C^{30}H^{34}$ $E_{2,5}$ 270° environ, se séparant de l'alcool additionné de benzène sous forme de paillettes incolores fondant au-dessus de 300°, et donnant par déshydrogénation du quinquiphényle (VI), très peu



(VII)

connu jusqu'ici ([2]), ainsi d'ailleurs que son homologue inférieur (V) ([3]). Il est très probable, que, de cette manière, on puisse obtenir, d'une façon générale, des polyphényles encore plus compliqués.

([2]) Gerngross et Dunkel, *Ber. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 739.
([3]) Basford, *J. Chem. Soc.*, Londres, 1936, p. 1593.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'union labile de l'oxygène au carbone. Expériences d'oxydation à l'obscurité totale.* Note de MM. **Charles Dufraisse**, **Jean Le Bras** et **André Allais**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant établi dans un essai préliminaire antérieur que le rubrène en solution ne paraissait s'oxyder qu'avec une extrême lenteur en l'absence de lumière, nous avons repris ce travail et l'avons étendu à plusieurs corps autres que le rubrène et à plusieurs solvants. Les corps essayés ont été l'anthracène ($C^{14}H^{10}$), le mésodiphénylanthracène ($C^{26}H^{18}$), le naphtacène ($C^{18}H^{12}$), le mésodiadiphénylnaphtacène ($C^{30}H^{20}$), le mésodiadicarbéthoxymésodiadiphénylnaphtacène ($C^{36}H^{28}O^{4}$), le mésotriphénylnaphtacène ($C^{36}H^{24}$) et le tétraphénylnaphtacène (rubrène) ($C^{42}H^{28}$).

Les solutions, à $3.10^{-2}$ mol par litre, ont été faites en éther, sulfure de carbone et benzène. $5^{cm^3}$ de chacune d'elles, contenant $15.10^{-5}$ mol de corps et pouvant absorber théoriquement $3^{cm^3},36$ d'oxygène, ont été maintenus au contact de ce gaz pur à une pression initiale voisine d'une atmosphère dans notre dispositif manométrique habituel. Le séjour à l'obscurité totale a duré de 1936 à 1942, soit six ans.

Deux faits ressortent dès l'abord de ces essais. D'une part il y a eu absorption d'oxygène dans tous les cas, même dans les témoins à solvant seul. D'autre part cette oxydation a été très lente; la plus rapide (solution éthérée de rubrène) a consommé le gaz à raison de $0^{cm^3},5$ environ par centimètre cube de liqueur et par an, et pour d'autres la consommation est tombée au-dessous de $0^{cm^3},005$, c'est-à-dire au voisinage de la limite perceptible dans les conditions expérimentales données.

Voici quelques détails : l'éther seul, le plus oxydable des trois solvants, a consommé environ $0^{cm^3},15$ par centimètre cube et par an, soit au total 118 % de molécule d'oxygène rapportée à la molarité de référence $15.10^{-5}$; vient ensuite le sulfure de carbone, avec un peu moins de $0^{cm^3},018$ et 16 %, puis le benzène avec moins de $0^{cm^3},005$ et 5 %. Parmi les corps essayés, s'est mis en évidence le triphénylnaphtacène, dont les trois solutions se sont notablement plus oxydées que les solvants témoins. A l'inverse du rubrène, dont la solution éthérée tient la tête des vitesses, le naphtacène a été en retard sur l'éther témoin; au reste, en éther, les oxydabilités se rangent curieusement en ordre croissant comme le nombre des phényles, pour les naphtacènes tout comme pour les anthracènes. Enfin, pour en terminer avec les singularités, mentionnons que trois corps en solution benzénique n'ont manifesté aucune oxydation appréciable au-dessus de celle, elle-même insignifiante, du témoin, et ont été retrouvés sensiblement intacts, ce sont : l'anthracène, le diphénylanthracène, le dicarbéthoxydiphénylnaphtacène.

Cette dernière observation est la plus facile à interpréter, et comporte une

conclusion immédiate : il y a au moins trois oxydations dont il est permis de dire qu'elles ne se font pas du tout à l'obscurité. Plus net peut-être encore est le cas du naphtacène dans l'éther, en ce sens que le corps, non seulement n'a pas ajouté son oxydation à celle du solvant, mais a même modéré cette dernière; à l'obscurité totale, le napthacène se comporte comme antioxygène, et nous pouvons noter au passage ce fait important pour le mécanisme et la théorie de l'effet antioxygène : à l'obscurité le naphtacène, corps si oxydable à la lumière, non seulement ne s'oxyde pas, mais empêche l'éther de s'autoxyder. Quant au peu d'oxygène consommé dans ce cas, 1/3 de molécule, on doit le considérer comme pris par le solvant, et non pas par l'hydrocarbure, d'autant que, sur les parois et dans le tube manométrique, les vapeurs d'éther se sont condensées hors de l'action protectrice du naphtacène, d'où, en ces divers endroits, consommation plus active d'oxygène par le solvant.

Restent à interpréter les expériences où les oxydations des solutions de corps ont dépassé celles des solvants purs témoins. On ne peut cependant pas en conclure, sans plus, que, dans ces cas-là, les corps essayés ont formé leurs photooxydes. Examinons l'exemple le plus typique, celui du rubrène en éther, celui qui s'est oxydé le plus vite. Une molécule d'oxygène avait été absorbée alors que le témoin n'en avait absorbé que 30 %, d'où en apparence 70 % pour l'hydrocarbure. Les photooxydes sont corps trop altérables en solution pour qu'on ait eu l'espoir d'en trouver une telle proportion, ni même beaucoup moins. Mais on aurait dû constater une disparition correspondante d'hydrocarbure; or on en a retrouvé la majeure partie à l'état cristallin (75 %), et il en reste en plus dissous dans d'abondantes résines formées évidemment à partir du solvant, sans parler de celui qui a été détruit par les peroxydes d'éther. De toute évidence, le rubrène a fonctionné comme prooxygène vis-à-vis du solvant. Il reste néanmoins un doute à l'égard d'une légère oxydation indépendante de l'hydrocarbure, mais elle ne peut intéresser alors qu'une fraction minime du corps. Les mêmes remarques sont valables *a fortiori* dans les autres essais où l'on a constaté de moins forts excédents d'oxydation : anthracène et naphtacène en sulfure de carbone, diphénylanthracène en éther et triphénylnaphtacène en éther ou en benzène, les cinq avec des excédents de l'ordre de 55 % de molécule, triphénylnaphtacène en sulfure de carbone, et diphénylnaphtacène en éther, avec des excédents de l'ordre de 30 %, et enfin, surtout, diphénylanthracène, diphénylnaphtacène et rubrène en sulfure de carbone, naphtacène et rubrène en benzène, anthracène en éther, avec des excédents tombés vers 10 % ou même moins. Dans la plupart des cas les produits ont été retrouvés en majeure partie intacts.

En résumé, dans un certain nombre d'expériences, la formation des photooxydes n'a pas eu lieu de manière appréciable à l'obscurité complète pendant une durée aussi longue que six ans, et elle est fort douteuse dans les autres expériences. Nous pensons être en droit d'en conclure que l'addition d'oxy-

gène libre aux anthracènes et aux naphtacènes pour former les photooxydes exige absolument l'intervention de la lumière, au moins tant que n'aura pas été découvert un catalyseur approprié; elle est donc l'une de ces réactions essentiellement photochimiques, dont on sait que les exemples authentiques sont exceptionnellement rares.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Pyrogénation dans le vide des salicylates de cobalt et de nickel.* Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

En étudiant l'action de la chaleur sur de nombreux salicylates, Velden ([1]) a constaté que les sels de cobalt et de nickel fournissent du phénol, de l'anhydride carbonique et le salicylate basique. Plus tard, Houdas ([2]) décrit un autre processus de décomposition, à 180°, avec formation d'acide salicylique et de salicylate basique. Ce dernier serait instable dès 200° et donnerait de l'anhydride carbonique, un carbonate et du carbone.

Nous avons repris cette étude en opérant dans le vide selon la technique que nous avions décrite ([3]).

Les salicylates de nickel et de cobalt préparés et analysés par nous correspondent aux salicylates normaux tétrahydratés.

Afin d'éviter l'action secondaire de l'eau d'hydratation lors du chauffage, ces salicylates ont été déshydratés dans le vide en présence d'anhydride phosphorique.

L'action thermique s'est exercée de la température du laboratoire à 1000°. Les observations recueillies sont les suivantes :

A partir de 95°, le salicylate de cobalt commence à perdre de l'acide salicylique qui cristallise sur les parois froides du tube de quartz à la sortie du four. L'abondance de ce dépôt croît avec l'élévation de température. A 220° commence le dégagement d'anhydride carbonique et de phénol. Une très faible quantité d'un liquide violet se condense à partir de 380°

Avec le salicylate de nickel, la décomposition se produit aussi à 95°, avec apparition des premiers cristaux d'acide salicylique, mais c'est à 205° que débute le dégagement d'anhydride carbonique et de phénol. La production de quelques gouttelettes d'un liquide violet ne se manifeste que vers 460°.

Au cours d'autres essais, la température a été maintenue constante pendant 24 heures, à 200° d'une part, et à 300° d'autre part. Dans tous les cas, le résidu a été pesé. La perte de poids, qui est à 200° de 28,3 % (nickel) et 29,6 % (cobalt), devient à 300° de 41,23 % (nickel) et 41,27 % (cobalt). Or la perte de poids théorique pour obtenir les salicylates basiques à partir des salicy-

---

([1]) *Journ. f. prakt. Chem.*, 15, 1877, p. 151.

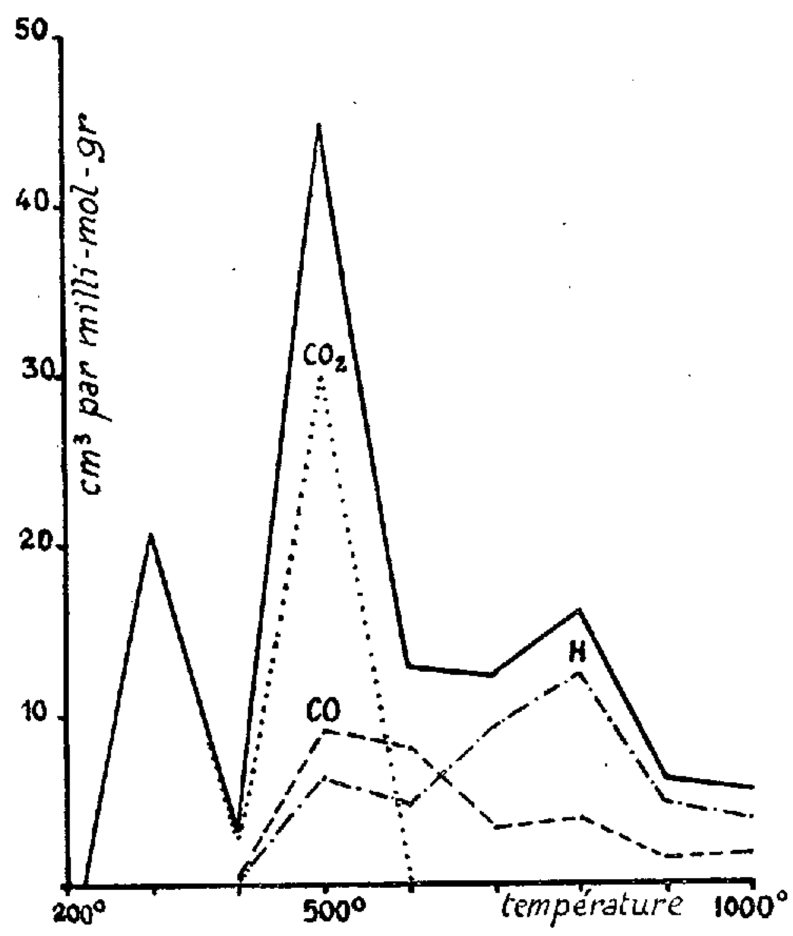
([2]) *Thèse Doct. Univ.* (*Pharmacie*), Paris, 1884.

([3]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 671.

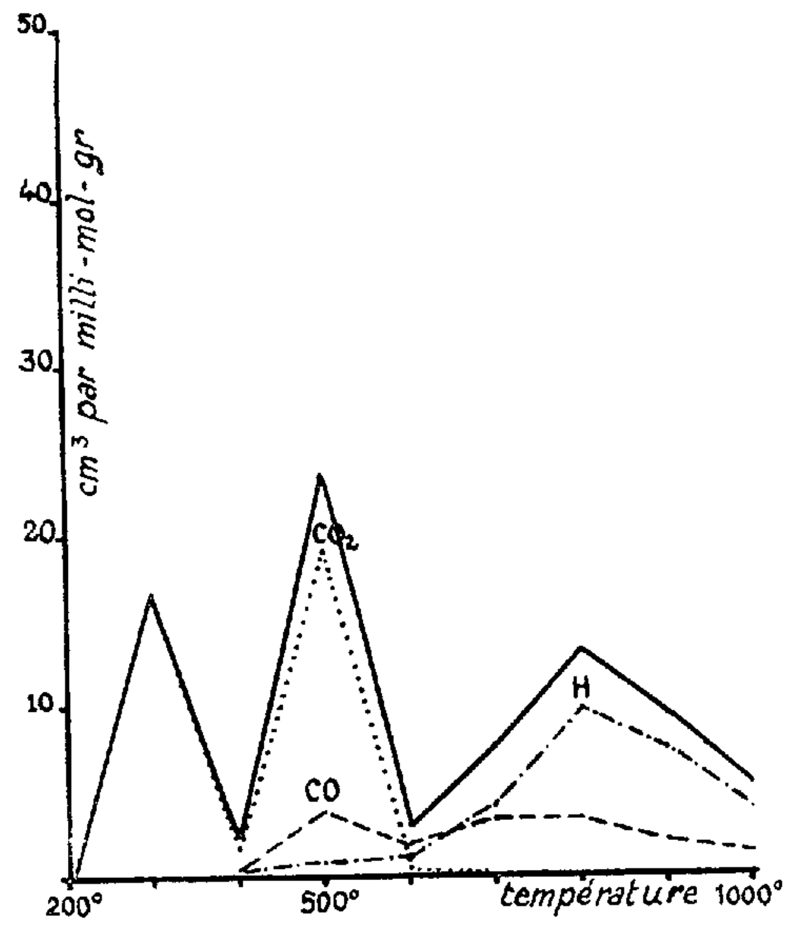
lates normaux est 41,43 %. Les analyses quantitatives des résidus permettent de confirmer qu'on ne peut obtenir des salicylates basiques de cobalt et de nickel dans le vide qu'à la température de 300°. Le sel de nickel ainsi préparé est jaune verdâtre, et celui de cobalt est violacé. Ils sont insolubles dans l'eau et les solvants organiques usuels (alcool éthylique, alcool méthylique, éther, chloroforme, acétone).

Les gaz, recueillis par palier de 100° jusqu'à 1000°, ont été analysés par fractions et les résultats obtenus ont permis d'établir les graphiques suivants, en portant en abscisse les températures et en ordonnée les volumes gazeux exprimés en centimètres cubes par millimolécule-gramme de salicylate normal anhydre.

Ces deux pyrogénations présentent de fortes analogies : trois maxima, à 300°, 500° et 800°, maximum des dégagements d'anhydride carbonique à 300°,



Salicylate de Cobalt



Salicylate de Nickel

de l'oxyde de carbone à 500° et de l'hydrogène à 800°, inversion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone entre 600° et 700°. Il n'en existe pas moins une différence notable entre les volumes totaux des gaz dégagés ([1]), qui sont par millimolécule-gramme de $121^{cm^3},43$ pour le cobalt et de $80^{cm^3},69$ pour le nickel.

Les compositions centésimales sont, au contraire, assez voisines :

| | $CO^2$ %. | CO %. | H %. |
|---|---|---|---|
| Cobalt......... | 43,80 | 22,42 | 33,70 |
| Nickel......... | 46,18 | 19,53 | 34,12 |

([1]) Une observation de même genre a déjà été faite antérieurement par F. Caujolle dans son étude de la pyrogénation de quelques sels de nickel et de cobalt des acides gras saturés inférieurs (*Thèse Doct. Sc. Ph.*, Toulouse, 1939).

En résumé, la pyrogénation des salicylates anhydres de cobalt et de nickel dans le vide conduit, tout d'abord, de 95° à 300° aux salicylates basiques, avec dégagement d'acide salicylique, de phénol et d'anhydride carbonique. Ces salicylates basiques se décomposent ensuite de 300° à 1000° en donnant des gaz constitués uniquement par de l'anhydride carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène.

PÉDOLOGIE. — *Sur un appareil permettant la détermination de la perméabilité des sols.* Note de M. **Vsevolod Romanovsky.**

A l'exception de l'œdomètre, il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'appareils permettant de mesurer la perméabilité des sols sous diverses pressions.

Nous avons conçu et mis au point un appareil simple qui permet de faire des mesures rapides de perméabilité pour tous les matériaux meubles. Cet appareil est essentiellement formé de trois parties : la partie supérieure sert à l'alimentation en liquide filtrant, la partie centrale contient l'échantillon et la partie inférieure permet l'écoulement du filtrat. Les trois parties, assemblées par deux carcans en bois P (reliés entre eux par deux tiges filetées), sont serrées à l'aide d'écrous à oreilles. La partie supérieure est composée d'un ballon D, surmonté de deux robinets A et B destinés au remplissage. L'extrémité inférieure du col du ballon étant taillée en biseau, permet d'obtenir un niveau constant d'eau dans le tube cylindrique N. Le raccord C ne sert que lorsque l'appareil est destiné à mesurer la perméabilité à haute pression; dans ce cas la surpression (air comprimé) est appliquée en C et mesurée à l'aide d'un manomètre métallique (non représenté sur la figure). Lorsqu'on mesure la perméabilité sous charge nulle, le raccord C reste ouvert à l'air libre. La partie centrale est séparée de la partie supérieure par une plaque en porcelaine perforée I serrée entre deux joints en caoutchouc F. La partie centrale est simplement constituée par un tube en verre, à bords rodés, de rayon $r$ et de hauteur $l$. Elle est séparée de la partie inférieure par une plaque en porcelaine poreuse J serrée entre deux joints en caoutchouc F. La partie inférieure est constituée par un entonnoir-tulipe qui permet l'écoulement du filtrat. On dispose généralement d'une série de plaques poreuses en porcelaine ou en verre fritté, car il est indispensable d'avoir une plaque dont la perméabilité soit largement supérieure à celle de l'échantillon à étudier.

Le mode opératoire est très simple et consiste en trois opérations : remplissage de la partie centrale avec l'échantillon, remplissage du ballon D avec le liquide filtrant et mesure du débit filtré recueilli dans une éprouvette graduée. Pour éviter les fuites, entre les parois du récipient et l'échantillon, on enduit ces parois avec une bonne couche de vaseline qui permet à l'échantillon d'adhérer fortement au verre.

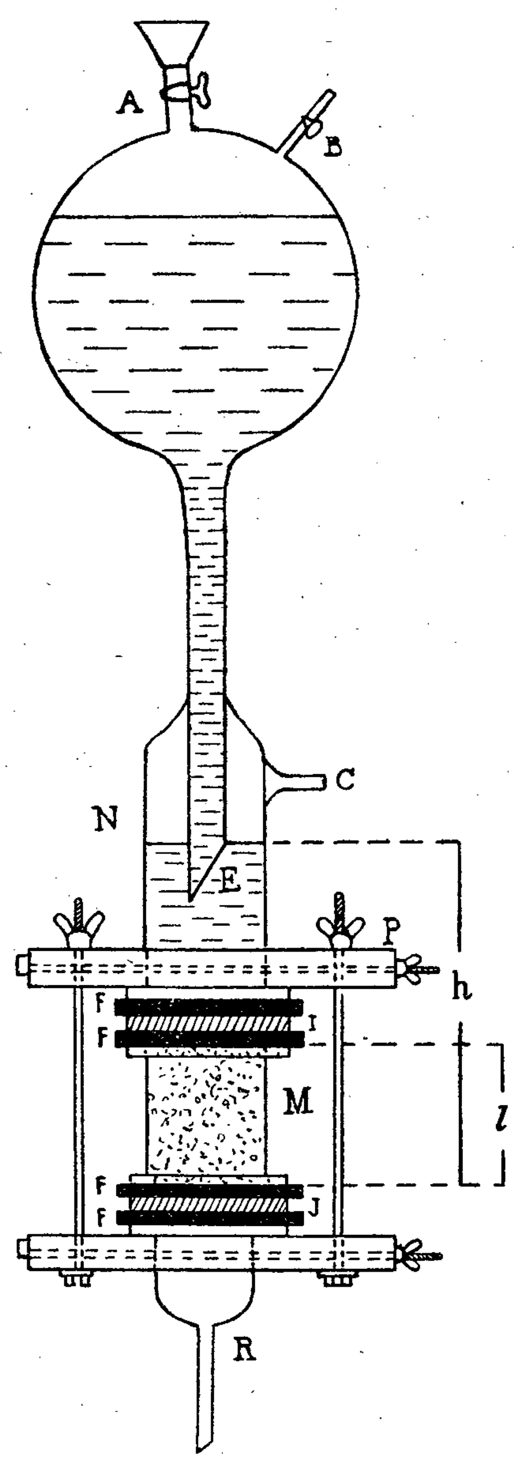
La valeur de la perméabilité se déduit facilement du débit par la formule de Darcy (1)

$$V = K.i \quad \text{avec} \quad i = \frac{h}{l} \quad \text{et} \quad Q = V.s,$$

d'où

$$K = \frac{Q.l}{s.h} \quad \text{(en cm/min)},$$

Q est le débit en cm³/min; $l$, la hauteur de l'échantillon; $h$, la hauteur totale




d'eau surmontant (plus la hauteur de l'échantillon); $s$, la surface de l'échantillon. Le facteur $l/s.h$ est une constante qui dépend uniquement des dimensions de l'appareil et de la pression appliquée. Il faut remarquer que pour les grandes pressions, il est indispensable d'exprimer celles-ci en hauteurs d'eau ($h$). Pour des mesures de perméabilité à l'air, on supprime entièrement le liquide de la partie supérieure de l'appareil, on applique une pression d'air

(1) Darcy, Paris, 1856.

en C et l'on adopte à la partie inférieure de l'entonnoir une éprouvette renversée sur une cuve à eau pour la mesure du débit gazeux.

Nous avons effectué toute une série de mesures sur différents matériaux et nous avons pu nous rendre compte de l'utilité de cet appareil. Le tableau suivant groupe les valeurs de la perméabilité de quelques échantillons étudiés :

| Matériau. | Sable (%). | Liquide filtrant. | Perméabilité (cm/min). | Charge. |
|---|---|---|---|---|
| Vase marine (Penzé-Roscoff)...... | 12 | eau de mer | $20.10^{-6}$ | nulle |
| Sable vaseux (Seine)............. | 66 | » du robinet | $34.10^{-4}$ | » |
| Limon crayeux (Marne).......... | 5 | » » | $13.10^{-4}$ | » |
| Sable (Fontainebleau)............ | 98 | » bidistillée | $35.10^{-3}$ | » |

Sur ces quelques résultats apparaît l'augmentation de la perméabilité avec la croissance de la teneur en sable du matériau. Il faut remarquer que des essais de perméabilité des argiles ont déjà été effectués (²).

MYCOLOGIE PARASITAIRE. — *Étude d'un* Acremonium *nouveau, agent d'une affection gommeuse* Acremonium cinnabarinum *n. sp.* Note (¹) de MM. **Auguste** et **René Sartory**.

Au cours de l'année 1940 on a soumis à notre examen un pus provenant d'un malade âgé de 47 ans, colon, ayant habité 5 ans le Sénégal et 11 ans la Côte d'Ivoire, revenu en France il y a environ 24 mois et atteint d'une affection gommeuse que l'on supposa être une sporotrichose.

*Examen microscopique.* — A l'examen direct et avec coloration nous percevons un ou deux éléments assez gros de 4 à $5^{\mu}$ de long sur 2 à $3^{\mu}$ de large, basophile, légèrement granuleux et entouré d'une faible membrane. Un de ces éléments est libre et présente l'aspect d'un gros bacille, l'autre est phagocyté. Nous répétons plusieurs fois nos examens microscopiques et nous notons constamment la présence de ces éléments, qui ne sont jamais en forme de navette. Nous ne décelons pas de forme conidie-levure.

*Caractères du champignon dans les cultures.* — Pour effectuer le diagnostic bactériologique de cette affection, nous avons utilisé la technique préconisée par Gougerot. Nous avons soin, à l'aide d'une fine pipette, de faire couler une première goutte de pus sur le verre sec en face de la gélose glucosée peptonée et deux autres gouttes dans les angles que limite la surface plane de la gélose. Le tube non encapuchonné est placé à l'étuve à $+22°$ au laboratoire. Le parasite déposé sur le verre germe rapidement; les colonies qui se trouvent sur le bord de la gélose grimpent sur le vase sec de telle sorte que, au bout de

(²) P. Urbain, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, **14**, 1941, p. 106.

(¹) Séance du 8 mars 1943.

quelques jours, on peut faire un examen en plaçant le tube sur la platine. On examine à l'aide de l'objectif 4 et de l'oculaire 6 ou 9.

Dans le cas présent il s'agit d'un champignon filamenteux cloisonné, très ramifié, supportant un très grand nombre de conidiophores dressés. Pour faciliter la détermination, nous effectuons une culture en goutte pendante, et voici les principaux caractères du champignon isolé.

Mycélium tout d'abord blanc, cloisonné, émettant des cordons dressés, hérissés dans toute leur étendue de conidiophores formant un angle droit avec les filaments végétatifs. Le duvet mycélien et les conidiophores changent rapidement de teinte; toute l'étendue de la culture devient rouge, puis rouge orangé; le pigment diffuse dans la gélose. Les conidiophores sont toujours simples. Dès leur insertion ils sont plus larges que les filaments qui les portent; ils se dilatent, prenant la forme d'un fuseau dans leur moitié inférieure auquel fait suite un col qui s'atténue progressivement. Dimensions du ventre à l'endroit le plus dilaté $1^{\mu},80$ à $1^{\mu},90$. Dimensions du col $1^{\mu}$ à $1^{\mu},2$ de diamètre à la base et $0^{\mu},6$ au sommet. Les sporophores mesurent de 12 à $22^{\mu}$ de long. Les conidies mesurent à maturité de $3^{\mu},5$ à $4^{\mu},5$ sur $2^{\mu},3$. Elles sont ovales, lisses, légèrement stipulées, de teinte orangée. Un fait curieux et que nous observons très facilement nous montre que la spore une fois mûre tombe; aussitôt son support en reproduit une autre, puis d'autres encore, et de très bonne heure on constate que le nombre des conidies est plus important que le nombre des sporophores. Exceptionnellement il existe une ramification latérale qui se termine par une seule spore colorée.

Ces caractères botaniques nous permettent de ranger l'espèce isolée dans le genre *Acremonium* Link.

*Caractères culturaux.* — L'*Acremonium* que nous venons de décrire végète sur tous les milieux usuels employés en mycologie parasitaire; cependant il semble avoir une préférence pour les milieux sucrés : gélose glucosée peptonée ou gélose maltosée. Il végète bien sur carotte et pomme de terre. L'optimum cultural est compris entre $+27^{\circ}$ et $+30^{\circ}$. Les colonies sont d'abord blanches, duveteuses; elles prennent vers le 3^e^ ou 4^e^ jour une teinte jaunâtre, puis franchement orangée, rose pâle, puis rose vif et enfin rouge sang le 8^e^, 9^e^ et 10^e^ jours. En vieillissant, la teinte (17 à 18 jours) devient foncée et acajou; la culture épaissit, se plisse; on n'aperçoit plus que les nombreux conidiophores, qui se dressent en bouquets. Le lait est un excellent milieu (couleur rouge sang).

*Propriétés biologiques.* — L'*Acremonium* étudié liquéfie la gélatine, ne coagule pas le lait, mais lui communique une belle teinte rouge vif. Le sérum de bœuf coagulé n'est pas liquéfié pas plus que l'albumine d'œuf coagulée et l'empois d'amidon. Le glucose est dédoublé, les lactose, maltose et galactose ne montrent aucune transformation.

*Pouvoir pathogène.* — L'*Acremonium* considéré est pathogène pour le Cobaye

et le Lapin, auxquels il confère après un mois une mycose généralisée. Les organes attaqués sont surtout les poumons, le foie et la rate. Nous avons pu réaliser chez le Cobaye des lésions cutanées en scarifiant la peau après épilation et en faisant pénétrer dans la place une émulsion de spores; ces lésions localisées, d'ailleurs, guérissent spontanément.

*Sérodiagnostic.* — Le sérum sanguin du malade atteint d'acremoniose agglutine, au 1/20, 1/30, 1/40 au bout de 20 minutes, les spores d'*Acremonium*. Rien de semblable avec le sérum d'individus normaux ou avec les spores de *Sporotrichum* ou d'*Endomyces albicans* (muguet). La réaction de fixation du complément s'est montrée positive.

Nous connaissons déjà plusieurs *Acremonium* pathogènes; l'*Acremonium potroni*, Vuillemin, 1911; l'*Acremonium niveum* Boucher, 1918; l'*Acremonium muthuoni* Fontoynont et Boucher, 1922. Notre espèce diffère des espèces déjà décrites par certains de ses caractères culturaux, notamment par la coloration rouge, puis rouge sang et finalement rouge foncé de ses cultures. Il se rapproche légèrement de l'*Acremonium muthuoni*, dont les cultures sont de couleur brique. Nous pensons avoir affaire à une espèce nouvelle, à laquelle nous donnons le nom d'*Acremonium cinnabarinum*. Nous poursuivons l'étude complète biologique et biochimique de l'espèce envisagée.

BACTÉRIOLOGIE. — *Milieu de culture au sulfite de plomb pour le dépistage des Bacilles producteurs d'hydrogène sulfuré.* Note de MM. **Henri Violle, Albert Nabonne** et M^lle^ **Adeline Prudhomme.**

Il est une catégorie de Microbes généralement pathogènes, pouvant subsister plus ou moins longtemps dans les eaux, et qui ont fait l'objet de travaux remarquables, aujourd'hui classiques, de H. Vincent. La sensibilité des milieux de culture et des techniques habituellement proposées pour la recherche et l'identification de ces germes dans leur milieu naturel est très variable. La production d'hydrogène sulfuré par un grand nombre de ces Bacilles, tels que le B. typhique, le *B.* para *B*, le *B. coli*, le *B. proteus*, le *B. fæcalis alcaligenes* etc., n'a pas assez retenu l'attention des biologistes, quoique cette propriété de groupe se révèle aux analyses comme un caractère dominant.

Nous avons pensé que l'on pouvait tirer un meilleur parti des sels de plomb en ayant recours à certains d'entre eux qui apparaissent à l'usage très sensibles, et cependant de préparation aisée. Jusqu'à présent les bactériologistes utilisaient, parmi les sels de plomb, les acétates. Il semble intéressant de choisir un sel de plomb dont le radical acide conduise à un stade intermédiaire favorable à la formation du sulfure de plomb. Les sulfites paraissent à ce sujet particulièrement intéressants parce qu'ils sont aussi facilement oxydés que réduits. Ils sont en effet des termes intermédiaires entre les sulfures et les sulfates. Dans le

cas particulier, le $H^2S$ est donc susceptible par réduction de donner facilement avec le sulfite de plomb un sulfure noir caractéristique.

Les Bacilles typhiques, incorporés à la gélose au sulfite de plomb réparti en boîtes de Petri, apparaissent après 12 à 24 heures, sous forme de colonies ponctuées, noires, nettement circonscrites, sans aucune diffusion de couleur dans la région ambiante. Les cultures en culot de gélose apparaissent noires dans le même temps, et même un peu plus intenses. Cette vitesse de réaction est directement liée à la richesse en acides aminés sulfurés du milieu de culture.

Pour préparer d'une façon très homogène un tel milieu avec un sel insoluble, on provoque au sein même de la gélose nutritive la préparation de sulfite de plomb en partant de ses éléments : sulfite de soude et acétate de plomb.

Le milieu se prépare de la manière suivante :

La gélose nutritive ordinaire au bouillon de viande est au pH 7,2. Le pH du milieu, entre 6,5 et 7,5, ne modifie en rien le résultat final.

On utilise une solution aqueuse à 10 % de sulfite anhydre de soude faite extemporanément et ajoutée directement, sans stérilisation superflue et même nuisible, à raison de 1 % à la gélose.

On utilise d'autre part une solution d'acétate de plomb neutre à 10 % stérilisée (à l'autoclave : 120°, 20 minutes). On prélève la solution à la surface, parce que plus limpide, et on l'incorpore à la gélose avant son refroidissement, à raison de $1^{cm^3},5$ %.

On refroidit très rapidement le milieu de culture ainsi préparé afin de maintenir son homogénéité.

En résumé, la recherche et l'isolement des bacilles d'origine intestinale et à caractères souvent pathogènes, producteurs de $H^2S$, sont aisément décelables par le milieu au sulfite de plomb qui constitue une méthode sensible, fidèle, permettant une identification ultérieure précise.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

—

(Séance du 7 décembre 1942.)

Note de M. *Jean Loiseleur*, L'action des rayons X sur l'acide sulfhydrique : Page 536, ligne 13 en remontant, *au lieu de* acide sulfurique, *lire* acide sulfhydrique.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 22 MARS 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'ai la tristesse de vous communiquer l'annonce qui vient de nous être faite de la mort de notre Confrère l'abbé Colin, survenue subitement hier dans l'après-midi, au moment où il montait dans une des voitures du Métropolitain pour aller en excursion botanique.

Colin, Henri-Ernest, était né à Bains-les-Bains, dans les Vosges, le 1er novembre 1880.

Après avoir obtenu son grade de licencié à Lille, il vint à Paris préparer son doctorat ès sciences naturelles. C'est à cette époque, en 1909, que je fis sa connaissance, au Laboratoire de Physiologie végétale de Fontainebleau, fondé et dirigé par Gaston Bonnier. Reçu docteur en 1911 avec une thèse *Sur l'hydrolyse de quelques polysaccharides par le* Botrytis cinerea, il fut chargé, la même année, de l'enseignement de la Physiologie végétale à l'Institut catholique de Paris. Le choix était excellent : H. Colin n'a pas seulement formé des élèves distingués et capables de suivre ses traces, par le nombre, l'originalité et l'importance de ses découvertes, il a illustré et jusqu'à son dernier jour le laboratoire dont il disposait.

Son œuvre scientifique est presque entièrement consacrée aux glucides végétaux, c'est-à-dire à cette grande famille de produits naturels qui comprennent les sucres, l'amidon, la cellulose et, parmi eux le plus répandu et le plus typique, le glucose, auquel la famille doit son nom. H. Colin s'est appliqué à reconnaître la nature des glucides existant dans les divers groupes ou espèces de végétaux, à rechercher leur mode de formation, à suivre comment ils se transforment au cours de l'évolution des plantes qui les renferment.

Il en a découvert quelques-uns, dont le floridoside, d'une constitution toute

nouvelle, due à l'association du galactose et du glycérol; en outre, il a retrouvé ce glucide chez plusieurs espèces d'Algues rouges ou Floridées, mais pas chez les Algues vertes, ni chez les Algues brunes qui appartiennent à d'autres familles de Cryptogames.

Chez les Phanérogames, beaucoup possèdent des organes de réserves riches en amidon, tels que les tubercules de la Pomme de terre, les graines des céréales et de beaucoup de Légumineuses. On croyait que l'amidon était accompagné dans ces organes d'une certaine proportion de dextrines. H. Colin a reconnu par de patientes recherches que ce que l'on prenait pour des dextrines était tantôt du saccharose, tantôt du raffinose, ou du stachyose ou même des fructosanes.

Comme l'amidon, soumis à l'action des diastases, s'hydrolyse avec production successive de dextrines, de maltose et enfin de glucose, on pensait généralement qu'il devait prendre naissance dans les cellules végétales par un processus inverse, à partir du glucose, formé dans la feuille, et se condensant d'abord en maltose, puis en dextrines et en amidon. Les observations de H. Colin montrent que le problème de l'origine de l'amidon ne se résout pas d'une manière aussi simple. On ne trouve même pour ainsi dire jamais de maltose, ou tout au plus des traces, à côté de l'amidon. H. Colin est un des rares chercheurs qui en aient rencontré une proportion notable : environ 7 % dans le tubercule de *Bolbostemma paniculatus* Fr., une Cucurbitacée de la Chine.

Notre regretté Confrère a entrepris avec autant de succès l'étude des plantes ayant comme réserve glucidique de l'inuline : le Topinambour, le Dahlia, la Chicorée, etc., ou des fructosanes : l'Asphodèle, la Jacinthe, la Scille. Cette étude lui a permis de faire de nombreuses et intéressantes observations. Alors que beaucoup de Synanthérées accumulent de l'inuline, il se rencontre des espèces de cette famille où de l'amidon est produit au lieu d'inuline; c'est le cas du Grand Soleil, si voisin cependant du Topinambour. De même, il existe, à côté des espèces de Scilles riches en fructosanes et dépourvues d'amidon, d'autres espèces où l'on trouve à la fois les deux sortes de glucides, etc.

La différence signalée plus haut entre le Grand Soleil et le Topinambour a conduit H. Colin à rechercher ce qui arrive au point de vue glucidique entre les deux plantes greffées l'une sur l'autre. Quel que soit le sens dans lequel on exécute l'opération, il ne passe ou ne se forme ni amidon dans le Topinambour, ni inuline dans le Grand Soleil.

Une telle indépendance de composition spécifique du porte-greffe et du greffon apparaît très générale : H. Colin a pu associer de toutes les façons possibles l'Armoise, l'Absinthe, la Tanaisie, l'Estragon et le Millefeuille sans observer la moindre altération dans le goût et le parfum de chacune de ces plantes. Il a expérimenté aussi la greffe entre *Chenopodium vulvaria* et *Cheno-*

*podium album* sans pouvoir caractériser dans le conjoint *Ch. album* la triméthylamine que la Vulvaire élabore en quantité appréciable.

Ces résultats sont d'accord avec ceux obtenus par Léon Guignard en greffant *Phaseolus lunatus*, riche en hétéroside cyanhydrique, sur *Phaseolus vulgaris*, qui en est dépourvu. De quelque façon que l'on réunisse les deux plantes, Guignard n'a jamais trouvé trace du principe cyanhydrique dans le Haricot ordinaire.

Il n'y aurait tout au plus à signaler contre la règle si générale de l'indépendance chimique des deux constituants d'une greffe que le cas du passage de très petites quantités d'atropine dans les fruits de la Tomate greffée sur la Belladone.

Il n'est pas possible d'analyser ici, faute de place, toutes les recherches entreprises par H. Colin dans le domaine si étendu et si varié de la Chimie appliquée à la Physiologie végétale : celles, notamment, qui ont porté sur la nutrition minérale des plantes, sur certaines réactions diastasiques, sur l'hydrolyse par les acides, sur les hybridations de diverses espèces végétales, par exemple, les Orges, les Betteraves, ou bien encore sur les composés pectiques. On ne peut manquer, toutefois, d'accorder, en terminant, une mention spéciale à ses travaux sur la Betterave.

Aimé Girard s'était beaucoup occupé déjà de cette plante. C'est lui qui avait démontré que le sucre, loin d'être produit par les racines aux dépens des matériaux puisés dans le sol, est élaboré par les feuilles; il descendrait ensuite dans la souche qui ne ferait que l'emmagasiner. H. Colin a complété d'une manière remarquable cette découverte de Aimé Girard en prouvant que le saccharose ne chemine pas en nature des cellules productrices vers la racine : en conformité avec la loi de Léon Maquenne, il est hydrolysé au fur et à mesure de son passage de ces cellules à la nervure médiane et au pétiole, de sorte qu'au voisinage immédiat du collet le suc de la plante ne renferme plus guère qu'un mélange de glucose et de fructuose. C'est ce mélange qui pénètre dans la racine, en même temps que la faible quantité de saccharose restante, et c'est à ses dépens que la réserve saccharine de la souche se constitue.

Cette minutieuse et importante découverte a été suivie de beaucoup d'autres dont plusieurs ont eu des conséquences pratiques pour la culture, la conservation et l'extraction du sucre de la Betterave.

En frappant H. Colin, la mort n'a pas seulement enlevé à notre amitié et à notre admiration un Confrère affable, modeste et éminent, elle prive la Botanique, la Chimie biologique et l'Agriculture d'un serviteur des plus distingués.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

M. le **Président** fait connaître à l'Académie que l'*Annuaire pour* 1943 est paru et est mis en distribution au cours de la présente séance.

M. **Louis de Broglie** présente à l'Académie l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1943. Ce volume contient, en plus des quatre Chapitres consacrés chaque année au *Calendrier*, à la *Terre*, à l'*Astronomie* et aux *Unités de mesure*, un cinquième Chapitre traitant des *Données géographiques et démographiques*.

On y trouve aussi la reproduction de la *Notice* qu'Émile Picard avait consacrée à *la vie* et à *l'œuvre de Maurice Hamy* et qui fut lue, après la mort de son auteur, à la séance publique de l'Académie des Sciences du 22 décembre 1941.

On lira également avec intérêt une *Notice* consacrée par M. Donatien Cot à *la vie* et à *l'œuvre d'Eugène Fichot*.

Enfin l'Ouvrage se termine par un article de M. Charles Fabry sur la construction des *Miroirs* employés en Optique et en particulier de ceux dont font usage les Astronomes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la structure des systèmes duaux dans l'espace hilbertien.* Note de M. **Gaston Julia**.

1. Considérons une suite infinie de vecteurs $A_n$, admettant une suite duale $B_n$, dont chaque vecteur appartient à la variété $V=[A_1, A_2, \ldots]$, qu'on peut supposer identique à l'espace $\mathcal{H}$ sans restreindre la généralité. La variété $W=[B_1, B_2, \ldots]$ appartient à V. Nous nous proposons de *distinguer les cas où* $W=V$ *de ceux où* $W<V$.

Envisageons $V_n=[A_1, \ldots, A_n]$, $V'_n=[A_{n+1}, \ldots]$, $W_n=[B_1, \ldots, B_n]$, $W'_n=[B_{n+1}, \ldots]$.

Les variétés $V_n$ et $W_n$ ne sont pas nécessairement disjointes; l'exemple $A_n=e_n=B_n$ le prouve, où $V_n$ et $W_n$ sont identiques. Les variétés $V_n$ et $V'_n$ sont disjointes, car si $\lambda_1 A_1+\ldots+\lambda_n A_n$ appartenait à $V'_n$ il serait orthogonal à $B_i$ $(i\leqq n)$; on en déduirait $\lambda_i=0$ pour $i\leqq n$. On voit de même que $W_n$ et $W'_n$ sont disjointes.

Il est clair d'autre part que $W_n$ et $V'_n$ sont orthogonales. Le système $(A_i, \beta)=\delta_{ik}$ $(i=1, 2, \ldots, \infty)$, considéré successivement pour $k=1, 2, \ldots, n$, n'admet chaque fois qu'une solution $\beta=B_k$ dans $V=\mathcal{H}$. Donc la variété $\mathcal{H}-V'_n$, formée des $\beta$ de $\mathcal{H}$ solutions de $(A_i, \beta)=0$ $(i=n+1, \ldots, \infty)$, est une variété linéaire à $n$ dimensions admettant pour base $B_1, \ldots, B_n$. C'est dire que $W_n$ *et* $V'_n$ *sont deux variétés orthogonales complémentaires*; elles sont évidemment disjointes.

Il est clair enfin que $V_n$ et $W'_n$ sont orthogonales. Nous allons voir qu'elles ne sont pas toujours complémentaires, la question étant liée à celle de savoir si $W=V$ ou $W<V$.

2. Lorsque $n$ croît, $W_n<W_{n+1}<\ldots$. $W_n$ tend, pour $n=\infty$, vers la variété limite $W\leqq V$. Tout point X de W est limite forte, pour $n=\infty$, du

point $P_{W_n}X$, qui est sa projection sur $W_n$. Au contraire $V'_n > V'_{n+1} > \ldots$. Donc $V'_n$ a pour limite une variété linéaire fermée, intersection de tous les $V'_n$, qui peut se réduire à l'origine. Mais des exemples simples montrent que $\lim_{n=\infty} V'_n$ peut n'être pas nulle : il suffit de considérer une suite $A_n$ convenable ayant une direction limite A; nous donnerons d'ailleurs ultérieurement une série étendue d'exemples, formés géométriquement, de suites $A_n$ possédant des duales $B_n$, et pour lesquelles $V'_n$ a pour limite une variété à un nombre fini ou à une infinité dénombrable de dimensions.

Nous appellerons *noyau de la suite* $A_n$, et désignerons par N, la variété linéaire fermée, limite, pour $n=\infty$, de $V'_n=[A_{n+1}, \ldots]$, c'est-à-dire l'intersection de toutes les $V'_n$.

3. La considération de N permet de définir aisément, à partir du système $A_i$, les duaux successifs, et d'en déduire la variété complémentaire de $V_n=[A_1, \ldots, A_n]$.

*Supposons d'abord* $N=0$. — Alors $W_n$, complément de $V'_n$, a pour limite $V=\mathcal{H}$. Donc $W=V=\mathcal{H}$. Les systèmes $(A_i)$ et $(B_k)$ sont alors réciproques, car les équations $(A_i, B_k)=\delta_{ik}$ $(k=1, 2, \ldots, \infty)$, envisagées comme déterminant $A_i$, n'ont alors qu'une solution. Le dual de $(B_k)$ est $(A_i)$ et le n° 1 montre par suite que $V_n=[A_1, \ldots, A_n]$ *et* $W'_n=[B_{n+1}, \ldots]$ *sont complémentaires*. La suite des duaux $(A_i)$, $(B_k)$, $(A_i)$, ... est périodique à partir du 1^er^ terme.

4. *Supposons* $N\neq 0$. — $W_n$ étant complémentaire de $V'_n=[A_{n+1}, \ldots]$ qui tend vers N en décroissant, $W_n$ tendra en croissant vers $\mathcal{H}-N$. On a donc $W=\mathcal{H}-N$; N *et* W *sont complémentaires par rapport à* $V=\mathcal{H}$. Décomposons $A_i=A'_i+A''_i$, avec $A'_i\in W$ et $A''_i\in N$. Il est clair d'abord que le *système* $(B_k)$ *a pour dual le système* $(A'_i)$. Ensuite, le *noyau de* $(B_k)$ *est nul*. En effet, il faut considérer la limite, pour $n=\infty$, de $W'_n=[B_{n+1}, \ldots]$; or $W'_n$ appartient à $\mathcal{H}-V_n$, variété complémentaire de $V_n=[A_1, \ldots, A_n]$; lorsque $n$ devient infini, $V_n$ tend vers $V=\mathcal{H}$, donc $\mathcal{H}-V_n$ tend vers zéro, ainsi que $W'_n$. Le noyau du système $(B_k)$ est donc nul et il y a *réciprocité entre les systèmes* $(B_k)$ *et* $(A'_i)$; les duaux successifs à partir du système $(A_i)$ sont donc $(A_i)$, $(B_k)$, $(A'_i)$, $(B_k)$, ... avec *périodicité à partir du* 2^e^ *terme*.

Cela étant, $[A'_1, \ldots, A'_n]$ et $[B_{n+1}, \ldots]$ sont des *variétés complémentaires par rapport à* W, $[B_{n+1}, \ldots]=W-[A'_1, \ldots, A'_n]$; comme $\mathcal{H}=W+N$, il résulte $\mathcal{H}=[B_{n+1}, \ldots]+[A'_1, \ldots, A'_n]\dotplus N$, ces 3 variétés étant 2 à 2 orthogonales. Donc la variété complémentaire de $W'_n=[B_{n+1}, \ldots]$ par rapport à $\mathcal{H}$ est $N\dotplus[A'_1, \ldots, A'_n]$; elle contient $V_n=[A_1, \ldots, A_n]$. Considérons la variété $\mathcal{V}_n=\{N\dotplus[A'_1, \ldots, A'_n]\}-[A_1, \ldots, A_n]$; il est évident que la *variété complémentaire de* $V_n$ *par rapport à* $V=\mathcal{H}$ *n'est autre que*

$$[B_{n+1}, \ldots]\dotplus\mathcal{V}_n=[B_{n+1}, \ldots]\dotplus\Big[\{N\dotplus[A'_1, \ldots, A'_n]\}-[A_1, \ldots, A_n]\Big].$$

5. Les propriétés précédentes, relatives à la structure de V, W et du noyau N,

sont liées aux propriétés de convergence des séries $\sum(A_i, X)B_i$ et $\sum(B_i, X)A_i$.

On a vu que, pour $n=\infty$, $\lim V_n = V = \mathcal{H}$ et $\lim W_n = W \leqq W$. Pour tout point X de $V=\mathcal{H}$, $\sum_{i=1}(A_i, X)P_{V_n}B_i$, dont la valeur est $P_{V_n}X$, converge fortement vers X. [Lorsque $V < \mathcal{H}$, la limite de la même expression sera $P_V X$ pour tout X de $\mathcal{H}$.] Nous verrons que $\sum(A_i, X)B_i$ ne converge pas toujours fortement, mais, en posant $V''_n = \mathcal{H} - V_n$ (variété complémentaire de $V_n$), on a $P_{V_n} = 1 - P_{V''_n}$, donc $\sum^n (A_i, X)[B_i - P_{V_n}B_i]$ convergera fortement vers $P_V X$, pour tout X, un peu à la manière des séries de Weierstrass-Mittag-Leffler en théorie des fonctions, la convergence s'obtenant par une correction du terme général. Le terme $P_{V_n}B_i$ $(n \geqq i)$ peut aussi se caractériser comme suit : Décomposons $A_i = A_i'^n + A_i''^n$ où $A_i'^n \in [A_1, \ldots, A_{i-1}, A_{i+1}, \ldots, A_n]$ et $A_i''^n$ orthogonal à $[A_1, \ldots, A_{i-1}, A_{i+1}, \ldots, A_n]$. On voit que $P_{V_n}B_i$ *est parallèle à* $A_i''^n$ *et égal à* $A_i''^n . \|A_i''^n\|^{-2}$.

Le dual de $(B_k)$ étant $(A'_i)$, on verra aisément que la suite

$$\sum^n (B_k, X)P_{W_n}A'_k = \sum^n (B_k, X)P_{W_n}A_k$$

convergera fortement vers $P_W X$ pour tout X de $\mathcal{H}$.

Lorsque $\zeta_n = \sum^n (A_i, X)B_i$ converge fortement ou faiblement en un point X de $V=\mathcal{H}$, on aura $(A_i, \zeta_n) = (A_i, X)$ pour $n \geqq i$, donc la limite forte ou faible de $\zeta_n$ sera X, le système $(A_i)$ étant complet dans $V=\mathcal{H}$. Le même raisonnement vaut pour toute suite partielle $\zeta_{n_i}$ fortement ou faiblement convergente. Or $\zeta_{n_i} \in W_{n_i} \in W$; sa limite faible appartient à W. *Si donc* $W < V$ *et si* X *n'appartient pas à* W, *la convergence forte ou faible de* $\zeta_n$ *est impossible*; on voit aisément que $\|\zeta_n\|$ tend vers l'infini, aucune suite partielle $\zeta_{n_i}$ ne pouvant converger faiblement.

Si donc *la série* $\sum(A_i, X)B_i$ *converge fortement ou faiblement dans toute une sphère de* $\mathcal{H}$, *elle converge dans tout* $\mathcal{H}$, *et nécessairement* $W = V$. Il en est de même s'il existe une suite partielle $\zeta_{n_i}$ bornée uniformément dans une sphère de $\mathcal{H}$.

6. Le noyau de convergence forte de la série $\sum(A_i, X)B_i$ comprend tous les $B_k$, la variété $\{B_1, \ldots\}$ partout dense dans W, et en général tous les $\beta$, limites fortes de la série $\sum b_k B_k$ lorsqu'elle converge fortement. En effet dans ce cas, $\beta = \sum b_k B_k$, $(A_i, \beta) = b_i$ et $\sum(A_i, \beta)B_i = \sum b_i B_i$. Tous ces $\beta$ sont dans W.

Le noyau de convergence faible de $\sum^{n}(A_i, X)B_i$ contient toutes les limites faibles $\beta$ de $\sum b_k B_k$, lorsque cette série converge, ou lorsque la suite $\sum b_k B_k$ contient une suite partielle bornée en module. En effet, pour une telle suite $\sum^{n_k} b_i B_i$ ayant $\beta$ pour limite faible, on aura $(A_i, \beta) = \lim_{n_k=\infty}\left(A_i, \sum^{n_k} b_j B_j\right) = b_i$; la suite partielle $\sum^{n_k}(A_i, \beta)B_i$ convergera faiblement vers $\beta$. De plus, tout $\beta$, limite faible, pour $n_k = \infty$, de $\zeta_{n_k} = \sum^{n_k}(A_i, X)B_i$ (pour un certain X de V), est dans W; il est tel que $(A_i, \beta) = \lim_{n_k=\infty}(A_i, \zeta_{n_k}) = (A_i, X)$; donc $\beta = X$ qui appartient nécessairement à W.

En définitive, les X de V qui font converger faiblement une suite partielle $\zeta_{n_k}$, pour des $n_k$ convenables, c'est-à-dire ceux pour lesquels

$$\underline{\lim}_{n=\infty}\left\| \sum^{n}(A_k, X)B_k \right\| < +\infty,$$

sont dans W; *ce sont aussi les points limites faibles des* $\sum b_k B_k$; en d'autres termes, si $\underline{\lim}_{n=\infty}\left\|\sum^{n} b_k B_k\right\| < +\infty$, pour une certaine suite de nombres $(b_k)$, le problème des moments $(A_k, X) = b_k$ $(k = 1, 2, \ldots, \infty)$ admet une solution unique X dans W, égale à une certaine limite faible de $\sum^{n_k} b_k B_k$, pour laquelle la suite $\sum^{n_k}(A_k, X)B_k$ converge faiblement vers X.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles déterminations de la Pesanteur dans la région située entre le Jura et l'Allier. Comparaison avec les résultats obtenus au moyen de la balance d'Eötvös.* Note [1] de M. **Pierre Lejay**.

| Station. | Longitude. | Latitude. | Altitude. | Date. | $g$. | $g_0$. | $g''_0$. | $\gamma'_0$. | $g_0-\gamma'_0$. | $g''_0-\gamma'_0$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | mètres | 1942 | gals | gals | gals | gals | mgals | mgals |
| Le Châtelard | 4.45,5 | 45.43,9 | 298 | 29 mai | 980,618 | 980,707 | 980,674 | 980,719 | —12 | —45 |
| Chalamont | 5.10,2 | 45.59,8 | 291 | 30 » | ,617 | ,714 | ,684 | ,730 | —16 | —45 |
| Lent | 5.11,6 | 46. 7,0 | 262 | 30 » | ,633 | ,735 | ,706 | ,745 | —12 | —39 |
| St-Étienne-du-Bois | 5.17,7 | 46.17,3 | 244 | 30 » | ,658 | ,755 | ,722 | ,753 | + 2 | —31 |
| Coligny | 5.20,8 | 46.22,7 | 293 | 30 » | ,665 | ,766 | ,738 | ,761 | + 5 | —22 |
| Balanod | 5.21,7 | 46.27,4 | 249 | 31 » | ,689 | ,775 | ,747 | ,767 | + 8 | —20 |
| Cousance | 5.23,8 | 46.31,7 | 252 | 31 » | ,698 | ,810 | ,760 | ,776 | +34 | —15 |
| Geruge | 5.31,9 | 46.37,6 | 444 | 31 » | ,673 | ,797 | ,764 | ,786 | +11 | —21 |
| Le Vernois | 5.36,1 | 46.44,2 | 292 | 1er juin | ,707 | ,798 | ,741 | ,766 | +31 | —25 |
| Orgelet | 5.36,8 | 46.31,2 | 505 | 2 » | ,642 | ,822 | ,733 | ,767 | +55 | —34 |
| Châtel-de-Joux | 5.47,8 | 46.31,4 | 790 | 2 » | ,578 | | | | | |

(1) Séance du 8 mars 1943.

| Station. | Longitude. | Latitude. | Altitude. | Date. | $g$. | $g_0$. | $g''_0$. | $g'_0$. | $g_0-\gamma'_0$. | $g''_0-\gamma'_0$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | mètres | 1942 | gals | gals | gals | gals | mgals | mgals |
| Ravilloles | 5.48,3 | 46.25,3 | 611 | 2 » | 980,597 | 980,786 | 980,717 | 980,757 | +28 | —40 |
| Vulvoz | 5.47,8 | 46.19,5 | 588 | 2 » | ,574 | ,755 | ,689 | ,749 | + 6 | —60 |
| Belleydoux | 5.46,9 | 46.15,5 | 855 | 2 » | ,519 | ,783 | ,686 | ,743 | +40 | —56 |
| Lac Genin | 5.42,1 | 46.13,3 | 839 | 2 » | ,517 | ,776 | ,681 | ,739 | +37 | —58 |
| Thoirette | 5.32,6 | 46.16,2 | 298 | 3 » | ,650 | ,742 | ,708 | ,744 | — 2 | —35 |
| Cézima | 5.32,7 | 46.23,9 | 491 | 4 » | ,632 | ,783 | ,728 | ,755 | +28 | —27 |
| St-Julien | 5.26,8 | 46.23,6 | 346 | 4 » | ,660 | ,767 | ,727 | ,755 | +12 | —27 |
| Germagnat | 5.26,9 | 46.18,6 | 330 | 4 » | ,655 | ,757 | ,719 | ,747 | + 9 | —28 |
| Bourg | 5.14,3 | 46.11,9 | 238 | 4 » | ,644 | ,718 | ,691 | ,737 | —19 | —46 |
| St-Étienne-du-Bois | 5.17,7 | 46.17,3 | 244 | 4 » | ,657 | ,732 | ,705 | ,745 | —13 | —40 |
| Mont-Myon | 5.24,0 | 46.19,9 | 688 | 4 » | ,586 | ,799 | ,721 | ,749 | +49 | —28 |
| Foissiat | 5.10,7 | 46.22,3 | 223 | 5 » | ,666 | ,735 | ,709 | ,753 | —18 | —43 |
| Quinte Basse | 5.14,2 | 46.24,2 | 204 | 5 » | ,674 | ,737 | ,714 | ,756 | —18 | —41 |
| Varennes | 5.14,8 | 46.28,9 | 214 | 5 » | ,690 | ,756 | ,732 | ,763 | — 7 | —31 |
| Louhans | 5.13,9 | 46.37,8 | 181 | 6 » | ,709 | ,765 | ,744 | ,776 | —11 | —32 |
| Sagy | 5.18,8 | 46.36,2 | 216 | 6 » | ,707 | ,774 | ,749 | ,774 | 0 | —24 |
| Beaurepaire | 5.23,6 | 46.40,3 | 214 | 6 » | ,708 | ,774 | ,750 | ,780 | — 6 | —30 |
| Bletterans | 5.27,8 | 46.44,7 | 199 | 7 » | ,716 | ,777 | ,755 | ,787 | — 9 | —32 |
| Bellevesvres | 5.22,3 | 46.50,3 | 188 | 7 » | ,732 | ,790 | ,769 | ,795 | — 5 | —26 |
| St-Germain-du-Bois | 5.14,8 | 46.45,1 | 210 | 7 » | ,716 | ,781 | ,757 | ,787 | — 6 | —30 |
| St-Bonnet | 5.10,4 | 46.51,3 | 193 | 8 » | ,736 | ,796 | ,774 | ,796 | 0 | —22 |
| Cuisery | 4.59,8 | 46.33,4 | 211 | 8 » | ,703 | ,768 | ,745 | ,770 | — 1 | —25 |
| Nobles | 4.47,0 | 46.32,6 | 275 | 8 » | ,695 | ,780 | ,749 | ,768 | +12 | —19 |
| Massilly | 4.40,8 | 46.29,4 | 223 | 8 » | ,699 | ,767 | ,742 | ,764 | + 3 | —21 |
| Sologny | 4.41,8 | 46.21,8 | 272 | 9 » | ,677 | ,761 | ,731 | ,752 | + 9 | —21 |
| Pontanevaux | 4.46,1 | 46.12,4 | 197 | 9 » | ,676 | ,737 | ,714 | ,738 | — 1 | —24 |
| Châtillon | 4.57,4 | 46. 7,4 | 227 | 9 » | ,653 | ,723 | ,697 | ,731 | — 8 | —33 |
| Lucenay | 4.42,3 | 45.54,7 | 216 | 9 » | ,656 | ,783 | ,698 | ,711 | +11 | —13 |
| Le Châtelard | 4.45,5 | 45.43,9 | 298 | 11 » | ,618 | – | – | – | – | – |

Il a paru intéressant de comparer les résultats des mesures de la Pesanteur obtenus avec le pendule avec ceux qu'on peut déduire des observations à la balance d'Eötvös. Celle-ci donnant le gradient horizontal $dg:dn$ dans la direction $n$ du cheminement, le gradient vertical étant connu théoriquement, on peut, à partir d'une station A, déduire la valeur de la gravité en une station I très voisine; on a en effet

$$(\Delta g)_A^I = \left(\frac{\partial g}{\partial z}\right)_A \Delta z + \left(\frac{\partial g}{\partial n}\right)_A \Delta n + \frac{1}{2}\left[\frac{\partial}{\partial z}\Delta z + \frac{\partial}{\partial n}\Delta n\right]^2 g_A + \ldots.$$

En écrivant

$$(\Delta g)_A^I = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial g}{\partial z}\right)_A + \left(\frac{\partial g}{\partial z}\right)_I\right]\Delta z + \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial g}{\partial n}\right)_A + \left(\frac{\partial g}{\partial n}\right)_I\right]\Delta n,$$

le premier terme négligé est du troisième ordre; son expression pour une masse agissante M, située à une distance $r$ et à une profondeur $h$ par rapport à la station A, est

$$\frac{1}{12}\frac{\partial^3 g}{\partial r^3}\Delta r^3 = -5\,\mathrm{K}\frac{\mathrm{M}h}{r^6}\Delta r^3 = -5 g_1\left(\frac{\Delta r}{r}\right)^3,$$

où $g_1 = \mathrm{KM}h/r^3$ est la composante verticale de l'attraction de la masse M au point A.

Les masses lointaines ne causeront pas d'erreur appréciable; parmi les masses rapprochées, nécessairement de faible volume, seules les irrégularités topographiques peuvent donner des valeurs de $g_1$ importantes, mais celles-ci sont calculables et les corrections correspondantes peuvent être apportées. Les hétérogénéités du terrain, qui n'interviennent que par suite de différences de densités toujours faibles, ne peuvent avoir d'action sensible que si le rapport $\Delta r/r$ n'est pas très petit. On trouvera, dans le cas de masses peu importantes situées au voisinage immédiat de la balance, des gradients anormaux rompant la continuité des résultats obtenus aux stations successives; il y aura lieu d'éliminer du calcul ces valeurs isolées.

Des masses plus étendues influençant le résultat en plusieurs stations agiront en sens inverse aux stations situées de part et d'autre de la masse perturbatrice et l'effet total sera sensiblement nul.

On notera que c'est le même gradient vertical théorique qui est utilisé pour ramener les résultats des observations au pendule et à la balance à une même surface de niveau.

C'est dans ces conditions qu'a été dressée la carte des anomalies de la région de Bourg à Beaune par la Compagnie Domaniale des Potasses d'Alsace. Les anomalies y sont rapportées à une surface de niveau arbitraire. Elles doivent donc différer des anomalies de Bouguer tirées des observations au pendule d'une quantité constante, à cela près que les corrections topographiques rapprochées sont faites, dans les stations terminales, pour les observations à la balance, négligées dans la réduction des observations au pendule. Dans un pays de plaine comme celui qui nous intéresse ici, ces corrections ne doivent guère dépasser le milligal.

Nous donnons ci-dessous le tableau des stations occupées dans cette région; les valeurs A des anomalies de Bouguer trouvées par le pendule, les anomalies A′ lues sur la carte établie à partir des observations à la balance : les différences, ***d***, et les écarts à la moyenne, *e*, de ces différences.

| Station. | A. | A′. | *d*. | *e*. | Station. | A. | A′. | *d*. | *e*. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mgals | mgals | mgals | mgals | | mgals | mgals | mgals | mgals |
| Cousance.... | −20 | +16 | −36 | −1 | Beaurepaire . | −30 | + 6 | −36 | −1 |
| Foissiat. ... | −43,5 | − 6 | −37,5 | +0,5 | Bletterans... | −32 | + 6 | −38 | +1 |
| Quinte Basse. | −41,5 | − 3,5 | −38 | +1 | Bellevesvres. | −26,5 | + 8 | −34,5 | −2,5 |
| Varennes.. . | −31 | + 7,5 | −38,5 | +1,5 | St-Germain.. | −30,5 | + 6,5 | −37 | 0 |
| Louhans..... | −32 | + 5 | −37 | 0 | St-Bonnet... | −22,5 | +16 | −38,5 | +1,5 |
| Sagy........ | −24,5 | +11,5 | −36 | −1 | Cuisery.... | −25 | +13,5 | −38,5 | +1,5 |
| Moyennes............. | | | | | $d_m = -37,0$ | $e_m = 1,0$ | | | |

*Conclusion.* — Pour ramener les observations à la balance à la base de notre Carte générale de France (Clermont-Ferrand, $g = 980,576$), il suffit de corriger toutes les anomalies obtenues par la balance, à partir d'une base arbitraire, de —37 mgals. Les écarts entre les résultats aux 13 stations sont en moyenne de 1,0 mgal. Une seule station donne un écart de 2 mgals; en cette station d'ailleurs l'altitude n'a pu être déterminée avec certitude. Aucun écart systématique n'est décelable.

M. **Louis Roy** fait hommage à l'Académie d'un *Complément au Mémoire sur les actions magnétiques, électriques, électrodynamiques et électromagnétiques dans les corps rigides ou déformables* qu'il a publié dans les *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse* en 1940.

M. **Philibert Guinier** fait hommage à l'Académie de deux brochures qu'il vient de publier : *Aperçu sur la Biogéographie de la République Argentine*, extrait des *Comptes rendus sommaires des séances de la Société de Biogéographie* et *Erica vagans à Entrevernes (Haute-Savoie). L'Évolution d'une station*, extrait du *Bulletin de la Société Botanique de Genève*, volume XXXIII (1942).

## CORRESPONDANCE.

### TOPOLOGIE CARTÉSIENNE. — *Représentation conforme et topologie* (1). Note (2) de M. **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

*Définition* 1. — A toute homéomorphie régulière (1) entre $\Delta$ et $\delta$ sont attachés les sous-ensembles A, B, C de $\varphi$ : A est l'ensemble des points $m$ de $\varphi$ tels que $p(m) = 1$ seul point; $B = \varphi - A$; et C est l'ensemble des points $m$ de $\varphi$ tels que $b(m) \neq 1$ seul point. On a évidemment $B \subset C$.

THÉORÈME 1. — *Si les domaines* $\Delta_1$ *et* $\Delta_2$ *sont représentés régulièrement sur* $\delta_1$ *et* $\delta_2$, *l'homéomorphie des espaces* (3) $V_1$ *et* $V_2$ *attachés à* $\Delta_1$ *et* $\Delta_2$ *entraîne l'existence d'une homéomorphie entre* $\varphi_1$ *et* $\varphi_2$, *qui transforme* $A_1$ *en* $A_2$.

*Définition* 2. — Pour tout point $m$ de $\varphi$, $F(m)$ et $G(m)$ sont respectivement les diamètres des ensembles $p(m)$ et $b(m)$.

THÉORÈME 2. — *Il existe une suite décroissante* $f_i(m)$ *de fonctions de m semi-continues inférieurement, telle que* $F(m) = \lim_{i=\infty}[f_i(m)]$ *et* $G(m) = \lim_{i=\infty}\{M[f_i(m)]\}$, $M[f_i(m)]$ *étant la fonction « Maximum de* $f_i(m)$ *au point m ».*

Donc $F(m)$ est au plus de 2e classe de Baire et $G(m)$ est semi-continue supérieurement.

THÉORÈME 3. — *On caractérise entièrement la famille des ensembles* C *en disant que tout ensemble* C *est une réunion dénombrable d'ensembles fermés de* $\varphi$.

THÉORÈME 4. — *On a* $A = \lim_{n=\infty}\left(\lim_{p=\infty} A_{np}\right)$, $A_{np}$ *étant un ensemble parfait, croissant quand p croît et décroissant quand n croît.*

Donc A et B sont au plus de 3e classe de Baire; ils peuvent être effectivement de 3e classe. Il faut ajouter que sur tout arc de $\varphi$, A contient un ensemble parfait.

---

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 330.
(2) Séance du 8 mars 1943.
(3) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 279.

Corollaire. — *Sur tout ensemble parfait* P *de* $\varphi$, B *est la somme*, 1° *d'un ensemble dénombrable*, 2° *d'une réunion dénombrable d'ensembles denses en soi dont chacun est un résiduel de sa fermeture.*

Théorèmes de construction 5. — 1° *Tout ensemble partout dense de* $\varphi$, *qui est une réunion dénombrable d'ensembles parfaits est un ensemble* A. Donc A peut être de première catégorie sur $\varphi$; 2° *tout ensemble de* $\varphi$ *qui est une réunion dénombrable d'ensembles fermés totalement discontinus est un ensemble* B.

Voici maintenant des théorèmes où intervient la sinuosité (¹) des points de $\Phi$.

Théorème 6. — *L'image sur* A *de l'ensemble des points de* $\Phi$ *dont la sinuosité est bornée pour une même fonction* $f(x)$, *est une réunion dénombrable d'ensembles parfaits.*

Corollaire des Théorèmes 6 et 2. — *Si la sinuosité de tous les points accessibles de* $\Phi$ *est uniformément bornée, ou si tous les ensembles principaux non ponctuels de* $\Phi$ *ont un diamètre* $> l_0$, A *est une réunion dénombrable d'ensembles parfaits.*

Voici un théorème qui est en quelque sorte la réciproque du Théorème 6.

Théorème 7. — *Pour toute réunion dénombrable* $\mathcal{R}$ *d'ensembles fermés situés dans* (A — C), *la sinuosité des points de* $\Phi$ *qui ont leur image sur* $\mathcal{R}$ *est uniformément bornée.*

Corollaire (déjà énoncé dans la précédente Note). — *La sinuosité des points d'un continu plan péanien* (¹) *est uniformément bornée.*

*Remarque.* — Le théorème 7 fait intervenir C. Cela est indispensable, car nous avons construit un domaine $\Delta$ pour lequel B = o, et tel que la sinuosité des points de $\Phi$ ne soit pas uniformément bornée. Un tel exemple permet en outre d'obtenir effectivement une famille de fonctions croissantes de $x$, dont la croissance, pour $x$ infini, n'est bornée uniformément par aucune fonction. Un exemple analogue s'obtient par application directe des théorèmes 5 (2°) et 6. Il suffit de prendre B dénombrable et partout dense sur $\varphi$.

*Définition* 3. — Soit D l'ensemble des points $m$ de $\varphi$ tels que le support ponctuel de $b(m)$ soit identique à $\Phi$ (on a $D \subset C$).

Théorème 8. — *On caractérise entièrement la famille des ensembles* D *en disant que tout ensemble* D *est fermé.*

Théorème 9. — *Sur tout arc de* $\varphi$ *où* D *est partout dense, les points de* B *qui sont images d'ensembles principaux ayant pour support ponctuel* $\Phi$ *sont partout denses.*

Corollaire. — *Si* B *est non dense sur* $\varphi$, D *est totalement discontinu. Inversement, tout ensemble fermé totalement discontinu de* $\varphi$ *peut être considéré comme l'ensemble* D *d'un domaine* $\Delta$ *pour lequel* B *est vide.*

Théorème 10. — *Si* $\Phi$ *est un continu indécomposable*, D *n'est pas vide.*

Il existe des frontières $\Phi$ décomposables pour lesquelles D n'est pas vide. Ce sont des sommes de deux continus indécomposables.

*Problème.* — Il serait intéressant de chercher pour le cas de la représentation conforme, une caractérisation métrique des ensembles A, B, C, D analogue à la caractérisation topologique précédente.

HYDRAULIQUE SOUTERRAINE. — *Débit d'une nappe libre à fond horizontal imperméable s'écoulant dans un puits cylindrique.* Note de M. **Auguste Vibert**, présentée par M. Georges Perrier.

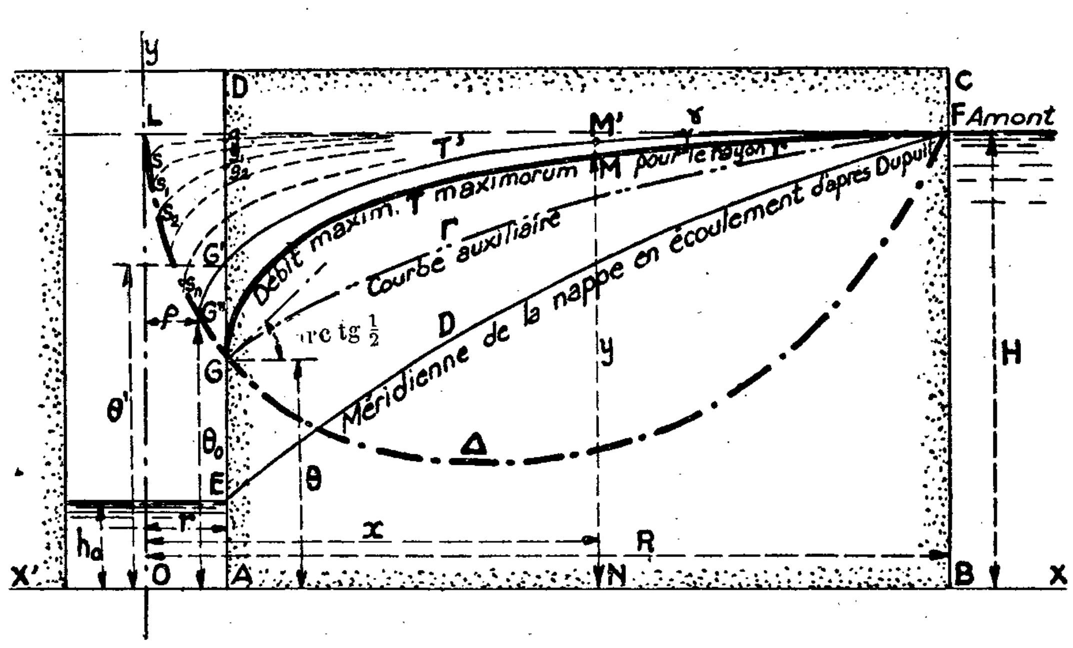
Soit le massif filtrant annulaire représenté par la figure 1. En 1857, Dupuit fait passer la méridienne de la nappe en écoulement par E et F, et, partant de l'équation

$$q = 2\pi x y \varepsilon \frac{dy}{ds}, \tag{1}$$

arrive, avec la simplification $dy/dx = dy/ds$, à la formule

$$q = 2\pi\varepsilon \frac{H^2 - h^2}{2 \log \frac{B}{r}}. \tag{2}$$

Cette solution n'est pas conforme au phénomène réel.




Soit T' la méridienne de la surface libre de la nappe.

L'écoulement obéit à la loi de Darcy $i = \alpha V$. On peut donc écrire, en toute rigueur dans la section de rayon R,

$$q = 2\pi R H \varepsilon \frac{dH_{T'}}{\sqrt{dR^2 + dH^2}} \quad (^1). \tag{3}$$

Le débit du filet supérieur d'épaisseur $dy = dh \times (y/H)$ est, au point G,

$$dq = 2\pi r \varepsilon_0 \frac{\theta}{H} \sin\gamma_G \cos\gamma_G \, dh. \tag{4}$$

La méridienne est stable quand le débit est maximum. Elle fait alors, en F,

(1) Avec $\varepsilon = f(\varepsilon_0)$ et $\varepsilon_0 = \mu/\alpha$ (module de Thiem).

le plus grand angle $\gamma$ compatible avec les conditions mécaniques de l'écoulement. Le débit maximum maximorum a lieu pour $h_0 = 0$.

On a alors

$$\sin\gamma_G \cos\gamma_G = 0,500 \quad \text{et} \quad \gamma_G = 45^\circ. \tag{5}$$

Si $\gamma$ varie par valeurs croissantes depuis o, les méridiennes s'infléchissent de plus en plus et sont toutes inclinées à 45° sur l'axe des $x$, aux points $s$, $s_1$, $s_2$, $s_3$, ..., $s_n$ situés sur la courbe $\Delta$ définie ci-après. Le débit maximum maximorum a lieu, pour la courbe T dont la tangente en G fait avec AD un angle de 45°. Il a pour valeur

$$q = 2\pi r\varepsilon\theta \frac{d\theta_T}{\sqrt{dr^2 + d\theta^2}} = \sqrt{2}\,\pi r\theta\varepsilon, \qquad \text{car} \quad \frac{d\theta_T}{\sqrt{dr^2 + d\theta^2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}. \tag{6}$$

Soit la courbe auxiliaire $\Gamma$, passant par F et $G_1$ (pratiquement $GG_1 \neq 0$)

$$\frac{\log \frac{R}{r}}{\log \frac{x}{r}} = \frac{H^2 - \theta^2}{y^2 - \theta^2}, \tag{7}$$

et telle que l'angle de la tangente avec l'horizontale en G ait pour tangente 1/2.

On en déduit

$$\theta^2 + r\theta \log \frac{R}{r} - H^2 = 0. \tag{8}$$

Par la considération du débit du filet supérieur, on obtient un résultat sensiblement équivalent. Par suite

$$Q = \pi r\varepsilon \left[\sqrt{\left(\frac{r}{2}\log\frac{R}{r}\right)^2 + H^2} - \frac{r}{2}\log\frac{R}{r}\right]\sqrt{2}. \tag{9}$$

L'équation (8) est celle de la courbe $\Delta$ sus-indiquée.

*Cas général.* — Lorsque $h_0 \neq 0$, le débit est $q$ et la méridienne T′ coupe AD en G′. On peut remplacer T et T′ par les paraboles $(y - y_0)^n = m(x - x_0)$ passant par F, ainsi que par G et G″, et faisant en F des angles égaux à $\gamma_{T'}$ et $\gamma_T$.

Le régime est laminaire; le débit filtrant est proportionnel :

1° à la charge $H - h_0$;

2° à la hauteur moyenne $(nH + Y)/(n+1)$ de la section considérée; par suite

$$q = Q \times \frac{(H - h_0)\,(nH + \theta')}{H(nH + \theta)}. \tag{10}$$

On peut écrire

$$\theta' = H - \frac{(H - \theta)\,(H - h_0)}{H}, \tag{11}$$

et en déduire la valeur de $q$.

D'autre part le calcul donne

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_0[\mathrm{H} + 0{,}9(\mathrm{H} - \theta)]}{2\sqrt{2}(\mathrm{H} - \theta)},$$

et par suite

$$\mathrm{Q} = \frac{\pi r \theta \varepsilon_0}{2} \frac{[\mathrm{H} + 0{,}9(\mathrm{H} - \theta)]}{(\mathrm{H} - \theta)}.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la correction d'absorption dans la détermination statistique des distances des étoiles à hélium.* Note [1] de M. **Pierre Guintini**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Si l'on néglige la correction d'absorption, la détermination de la distance s'effectue par la formule

$$5 \log r = m_v - \mathrm{M} + 5\,;$$

$m_v$, magnitude visuelle apparente de l'étoile;
M, magnitude absolue de l'étoile; cette magnitude absolue est en général hypothétique, c'est-à-dire qu'elle dépend uniquement du sous-type spectral.

Nous obtenons ainsi une distance que nous appellerons *distance apparente*.

Pour obtenir la distance vraie, il nous faudra effectuer la correction d'absorption. Cette correction peut être faite en supposant la matière absorbante réduite à une couche parallèle au plan galactique, dont la densité $\rho$ est fonction de la distance $z$ à ce plan.

La correction d'absorption peut également s'effectuer à partir de l'excès de couleur de l'étoile, excès qui est dû, comme l'on sait, à l'absorption sélective dans l'espace interstellaire.

Nous aurons

$$5 \log r_{\mathrm{vraie}} = m - \mathrm{M} + 5 - \mathrm{KE} \qquad \text{(E étant l'excès de couleur).}$$

K est voisin de 5 si E est exprimé à l'échelle internationale et si l'on admet que l'absorption interstellaire s'effectue en $\lambda^{-1}$.

Or l'étude systématique des excès de couleur photoélectriques des étoiles B déterminés au Mont Wilson [2] montre une variation considérable de l'excès de couleur avec la longitude galactique. Les maxima d'absorption se trouvent dans Persée et le Sagittaire, et le minimum dans la Licorne.

Pour mettre en évidence la variation de l'excès de couleur avec la longitude, nous n'avons conservé que les étoiles de latitude galactique inférieure à $|12^\circ|$, l'absorption se trouvant limitée au voisinage du plan galactique, et nous avons séparé les étoiles de latitude négative.

Nous avons, d'autre part, déterminé la variation de l'excès de couleur avec

---

[1] Séance du 22 février 1943.

[2] J. Stebbins, C. M. Huffer and A. E. Whitford, *Astroph. Journ.*, 91, 1940, p. 20.

la latitude et la magnitude apparente de l'étoile. La variation de l'excès de couleur avec la latitude est considérable mais assez régulière, aussi nous avons pu ramener les excès à une latitude moyenne $\overline{b_G} = \pm 3^\circ,6$.

La variation de l'excès de couleur avec la magnitude apparente a été déterminée d'une part en classant les étoiles par sous-types spectraux, d'autre part en considérant l'ensemble des étoiles. Les coefficients de corrélation trouvés ont, dans les différents cas, des valeurs voisines de 0,5, ce qui nous a permis de ramener les excès à une magnitude moyenne $\overline{m_G} = 7,4$.

Les excès de couleur réduits, c'est-à-dire ramenés à $\overline{m_G}$ et à $\overline{b_G}$, varient notablement avec la longitude galactique et peuvent être représentés par la relation

$$E = E_0 + \alpha \cos(l - l_1) + \beta \cos 2(l - l_2).$$

Les résultats obtenus par la méthode des moindres carrés sont les suivants :

$$E = 0.216 + 0,036 \cos(l - 330^\circ) - 0,060 \cos 2\, l \qquad \text{pour } b > 0.$$
$$E' = 0,196 + 0,020 \cos(l - 336^\circ) - 0,045 \cos 2(l - 23^\circ) \qquad \text{pour } b < 0.$$

Ces résultats sont naturellement relatifs à $\overline{m_G}$ et à $\overline{b_G}$.

Si l'on veut obtenir l'excès de couleur d'une étoile de magnitude $m$, de latitude $b$ et de sous-type spectral $s$, il y a lieu de tenir compte des variations de l'excès avec $b$, $m$, $s$.

Cette méthode, d'une application pratique très simple, nous permettra une meilleure détermination dans la correction d'absorption des étoiles B; correction d'absorption qui doit désormais dépendre de la longitude galactique de l'étoile.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Application du générateur d'impulsions à l'amorçage d'oscillations subharmoniques dans un circuit oscillant du type série.* Note de M. **Roger Dehors**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le phénomène de démultiplication de fréquence ferromagnétique peut ne pas apparaître spontanément, et il est souvent nécessaire d'employer une manœuvre spéciale pour l'amorcer. M. Heegner (¹) et M. Rouelle (²) ont décrit certains circuits se prêtant facilement à l'excitation spontanée. Mais la complexité de leurs montages rend la théorie physique du phénomène peu accessible. Aussi avons-nous cherché une méthode d'amorçage applicable à un circuit simple, à savoir le circuit oscillant comportant en série bobine à noyau de fer, capacité et résistance.

*Procédés antérieurs d'amorçage.* — Dans ce circuit, pour lequel nous exclu-

(¹) *Zeits. für Physik*, **29**, 1924, pp. 91-109.
(²) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 39.

rons la préaimantation en courant continu, les procédés antérieurs d'amorçage sont tous basés sur le principe d'une ample oscillation transitoire saturant le noyau de la bobine. Rappelons-les succinctement : *a*. Simple fermeture de l'interrupteur du circuit ([3]); *b*. Court-circuit momentané aux bornes de la bobine ([4]); *c*. Application temporaire, aux bornes de la self d'une tension de fréquence suffisamment basse pour produire la saturation ([5]).

Mais, sauf dans des cas exceptionnels, aucune de ces méthodes n'est vraiment satisfaisante. Leur défaut principal est d'exiger de nombreux tâtonnements, qui prolongent inutilement les essais. Parmi ces tâtonnements prennent place notamment ceux résultant de ce que la phase de la manœuvre est indéterminée, si bien qu'il est quasi impossible de réussir l'amorçage plusieurs fois consécutives.

*Principe des nouveaux procédés.* — Comme il est nécessaire, quelle que soit la méthode, de répéter la manœuvre d'amorcement, nous rendons cette répétition automatique, l'opérateur gardant pendant ce temps l'initiative du réglage de divers paramètres, y compris la phase. Ce principe a été appliqué au procédé *b* ainsi qu'aux deux nouvelles méthodes suivantes : *d*. Le condensateur, soumis préalablement à une tension continue, est déchargé sur le circuit oscillant, auquel on applique, au même instant, la tension alternative; *e*. Le condensateur est chargé par une impulsion de courant émanant d'un générateur auxiliaire.

*Réalisation.* — Pour cela, nous avons construit un générateur d'impulsions ([6]) dont l'organe principal est un démultiplicateur de fréquence à thyratron. Les impulsions successives, de réglage facile, émanées de cet appareil, sont utilisées pour produire la répétition automatique et régulière de l'une des manœuvres d'amorcement. La cadence des impulsions est choisie assez lente pour permettre au régime permanent de s'établir dans le circuit oscillant entre deux opérations. Dès que les oscillations provoquées tendent à devenir durables, elles agissent par l'intermédiaire d'un tube triode amplificateur sur le générateur d'impulsions qui se bloque. Inversement, si les oscillations se décrochent, les opérations d'amorcement reprennent automatiquement.

Dans le premier procédé, *b*, nous employons un relais électromagnétique qui, excité par l'impulsion, produit le court-circuit de la self. Dans le deuxième, un relais inverseur unipolaire, sous l'effet de l'impulsion, charge la capacité qui se décharge ensuite sur le circuit oscillant par le *contact repos*. Mais c'est le procédé *e* que nous avons adopté en définitive parce qu'il s'affranchit de tout dispositif mécanique. Pour cela, nous connectons les bornes du conden-

---

([3]) E. Rouelle, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1450.

([4]) J. Fallou et A. Mauduit, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 312.

([5]) E. Rouelle, *Rev. génér. Électricité*, **40**, 1936, pp. 811-819.

([6]) R. Dehors, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 233.

sateur à la sortie du générateur. L'impulsion charge la capacité qui se décharge ensuite sur la bobine. Le processus se renouvelle tant que la manœuvre n'a pas été efficace.

Le réglage de rémanent n'entrant pas dans le cadre de la méthode, le subharmonique ne s'accroche pas à coup sûr à chaque manœuvre; néanmoins les résultats obtenus sont excellents, comme on en jugera par la statistique comparée que nous avons faite des probabilités d'amorçage en appliquant successivement cette méthode et le procédé initial *b*. L'étude ayant porté sur un circuit à permalloy, pour le subharmonique de rang 5, et quelques valeurs de la tension de la source, les pourcentages respectifs de manœuvres réussies ont été de 89 et de 23.

*Résultats nouveaux.* — Grâce à ce nouveau procédé, l'étude du phénomène est rendue beaucoup plus facile, en particulier pour ce qui concerne le cas important des alliages à caractéristique fortement coudée, dont la multiplicité et l'étroitesse des domaines d'entretien ont été signalées en 1936 (²). (Les oscillations relatives à ces domaines, se décrochant sous l'influence de faibles variations fortuites de la tension ou de la fréquence, sont réamorcées automatiquement par notre dispositif.) Nous avons pu, ainsi avec l'alliage Permalloy B, entretenir et étudier les subharmoniques de rangs 2, 3 et 5, pour la première fois près de leur tension limite supérieure. En outre il nous a été possible d'entretenir en régime stable un nouveau subharmonique pair, celui de rang 4, jamais obtenu, à notre connaissance, jusqu'à ce jour dans un circuit de ce type. Il a été observé entre 37 et 51 cycles par seconde avec une forme d'onde très caractérisée; le domaine de stabilité le plus large relevé dans cette bande de fréquence n'est que de 2 volts (la tension appliquée étant de 43 volts).

Enfin nous avons pu étendre le contrôle des relations quantitatives que nous avions établies en 1940 (⁷), concernant la limite inférieure d'entretien. Au reste ces relations nous ont beaucoup aidé dans la recherche des zones d'existence des subharmoniques.

Nous poursuivons actuellement l'application du procédé, dont les résultats nous facilitent la mise au point d'une théorie physique du phénomène.

OPTIQUE. — *Sur la biréfringence du gypse et de la barytine dans le rouge extrême et le très proche infrarouge.* Note de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

On possède généralement des renseignements assez complets sur les propriétés optiques des cristaux les plus communs pour les radiations visibles et ultraviolettes. Par exemple, dans le cas du gypse, Sève (¹) a mesuré la

(⁷) R. Dehors et E. Rouelle, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 44.

(¹) *Ann. de Phys.*, 17, 1932, p. 137.

biréfringence $n_g - n_p$ depuis 6700 Å jusqu'à 2450 Å; Servant ([2]) a prolongé ces mesures dans l'ultraviolet lointain, jusque vers 1900 Å. Pour la barytine, Sève a mesuré la birefringence $n_m - n_p$ et l'angle extérieur des axes optiques depuis 6000 Å jusqu'à 2300 Å, et Servant a prolongé les mesures de biréfringence dans l'ultraviolet lointain.

Par contre les mesures dans le rouge extrême et l'infrarouge sont encore peu nombreuses. Cette Note a pour but de résumer les résultats que j'ai obtenus dans cette région du spectre. La méthode utilisée est la photographie de spectres cannelés. Le manque de plaques photographiques convenables m'a forcé à me limiter provisoirement à 8800 Å.

1. *Gypse*. — Le gypse présente l'intérêt d'avoir une biréfringence $n_g - n_p$ qui varie rapidement dans le rouge et l'infrarouge, alors que, généralement, dans cette région du spectre cette variation s'atténue pour les autres cristaux usuels. Les lames étudiées proviennent d'un cristal en fer de lance de Montmartre. La biréfringence $n_g - n_p$ de ces lames pour la lumière jaune du sodium est voisine de 0,0092 vers 17°, ce qui classe ce gypse parmi ceux dont la biréfringence est faible, comme c'est généralement le cas pour ceux de Montmartre. Elle est néanmoins supérieure de 2,5 % à celle de l'échantillon étudié par Sève.

On a pris pour ces lames des épaisseurs supérieures à $1^{mm}$ pour que les cannelures soient nombreuses et fines. Les expériences ont été faites à différentes températures; on en a déduit les valeurs suivantes de $n_g - n_p$ à 17°; on évalue la précision à 0,5 % au moins :

| λ (Å). | $n_g - n_p$. | λ (Å). | $n_g - n_p$. | λ (Å). | $n_g - n_p$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 6000... | 0,00917 | 7000... | 0,00901 | 8000... | 0,00885 |
| 6200... | 913 | 7200... | 898 | 8200... | 880 |
| 6400... | 910 | 7400... | 895 | 8400... | 875 |
| 6600... | 907 | 7600... | 892 | 8600... | 870 |
| 6800... | 904 | 7800... | 888 | 8800... | 865 extrap. |

2. *Barytine*. — La lame étudiée, taillée perpendiculairement à la bissectrice aiguë des axes optiques et très pure, a une épaisseur de $4^{mm},15$. Sa biréfringence $n_m - n_p$ pour la lumière jaune du sodium est 0,00116 vers 16°, c'est-à-dire égale, à moins de 1 % près, à celle de l'échantillon étudié par Sève.

Voici les valeurs de $n_m - n_p$ à 16°, la précision étant encore de 0,5 % :

| λ (Å). | $n_m - n_p$. | λ (Å). | $n_m - n_p$. | λ (Å). | $n_m - n_p$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 6000... | 0,001155 | 7200... | 0,001100 | 8200... | 0,001070 |
| 6200... | 1144 | 7400... | 1094 | 8400... | 1064 |
| 6400... | 1134 | 7600... | 1088 | 8600... | 1056 |
| 6600... | 1125 | 7800... | 1080 | 8800... | 1052 |
| 6800... | 1116 | 8000... | 1075 | 9000... | 1046 extrap. |
| 7000... | 1108 | | | | |

La variation de $n_m - n_p$ devient de plus en plus faible à mesure que la longueur d'onde croît.

([2]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1771.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Particules pénétrantes dans les grandes gerbes de rayons cosmiques.* Note de M. **Jean Daudin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

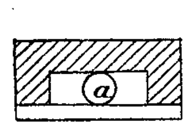
I. Comme l'on sait, les grandes gerbes de l'air de rayons cosmiques sont essentiellement constituées par des électrons et des photons, dérivés eux-mêmes de la multiplication en cascades de particules de même nature.

Il existe différents motifs de croire que le développement des grandes gerbes ne suit pas exactement, tout au moins dans le domaine des grandes énergies, le schéma des cascades.

Certains rayons de ces gerbes possèdent en particulier un pouvoir pénétrant incompatible avec la théorie des cascades, comme on le sait depuis longtemps. Le pouvoir pénétrant ne peut être attribué qu'à des particules non soumises, comme les électrons, à la perte d'énergie par freinage. Cette hypothèse s'appuie sur plusieurs clichés récents montrant une paire de mésotons. Cependant ni Paul Ehrenfest, ni moi-même n'avons réussi à mettre en évidence de telles particules au moyen de la chambre de Wilson.

II. On peut, en l'absence de champ magnétique, reconnaître à une trajectoire un caractère pénétrant non électronique en interposant sur son parcours dans la chambre un écran de plomb médian. Seul en effet un électron sur 8 à peu près doit traverser $18^{mm}$ de plomb en ne produisant qu'un électron secondaire isolé; les autres sont arrêtés ou produisent des gerbes. De plus un tel secondaire isolé doit avoir une énergie de l'ordre de $10^7$ eV environ. Or, rien qu'en traversant 3/10 de millimètre de plomb, un rayon de cette énergie subit une déviation moyenne de 15°. Ainsi une trajectoire qui traverse le plomb sans être déviée ni produire de secondaire ne peut être due à un électron.

III. Des expériences ont été poursuivies cet été à $2400^{m}$. Les grandes gerbes



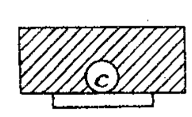


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

étaient sélectionnées par trois compteurs dont deux, *a* et *b*, rapprochés, et l'autre, *c*, à $3^{m}$. Les compteurs *a* et *c* étaient protégés par un écran moyen de $6^{cm}$ de plomb, de façon à n'enregistrer que les gerbes possédant une densité élevée de rayonnement pénétrant. La chambre de Wilson était dans l'aire contrôlée par les compteurs et était commandée par eux.

IV. Il a été pris ainsi 282 bons clichés au cours d'un mois de fonctionnement continu, jour et nuit. Onze particules pénétrantes ont été mises en évidence. Certaines de ces trajectoires sont fortuites et ne se produisent pas simultanément avec la gerbe. Sur 66 clichés pris au hasard deux trajectoires pénétrantes ont en effet été identifiées.

Pourtant le plus grand nombre de ces particules pénétrantes est associé aux gerbes :

*a*. Sur les 11 mésotons, un seul se trouve isolé; 2 autres sont accompagnés de 2 ou 3 autres trajectoires; 8 appartiennent à des clichés de plus de 8 rayons, clichés qui ne constituent pourtant que 20 % du nombre total.

*b*. La plupart de ces mésotons sont parallèles soit à la direction centrale de gerbes produites dans la chambre, soit à une ou plusieurs autres trajectoires. Par exemple un cliché nous présente entre autres rayons une trajectoire pénétrante et un pinceau très serré de 3 rayons produit dans le plomb médian, probablement par un photon. Le pinceau et la trajectoire pénétrante sont bien parallèles.

Les deux effets mentionnés sont absolument improbables s'il s'agit de trajectoires fortuites.

V. — Les trajectoires fortuites sont en général postérieures à la détente, moins diffusées et plus fines que les commandées. De plus elles ne sont pas dédoublées par le champ électrostatique résiduel. Enfin elles sont moins déformées par les mouvements gazeux produits par la détente au voisinage de certaines parois.

L'examen approfondi permet par comparaison d'éliminer les trajectoires fortuites.

Il reste alors 5 clichés présentant des trajectoires pénétrantes contemporaines des autres et parallèles à plusieurs d'entre elles. Deux ou trois autres clichés présentent des trajectoires pénétrantes géométriquement mal situées et donc moins certaines.

VI. Indépendamment de ce résultat brut, il existe une indication indirecte. 20 % des clichés ne présentent aucune trajectoire commandée ou fortuite; on peut en déduire que 30 % environ ne doivent présenter aucune trajectoire commandée. Dans ce cas la coïncidence est due à une gerbe peu dense. Or, si les électrons de grande énergie constituaient le rayonnement pénétrant, ils seraient toujours accompagnés d'une densité générale très élevée, puisqu'ils produisent un très grand nombre de secondaires.

VII. Cette répartition des clichés d'après le nombre des trajectoires est très semblable à celle que l'on observe avec des compteurs nus. Elle suggère que les particules pénétrantes sont réparties sur toute la surface de la gerbe comme les électrons. Le montage employé présentait sur les précédents la supériorité d'exiger une densité suffisante de particules pénétrantes, ce qui accroissait la probabilité d'en observer à la chambre de Wilson.

*Conclusion*. — Les grandes gerbes de l'air contiennent donc des particules pénétrantes qui ne sont pas des électrons. On n'a pas le droit de les décrire uniquement dans les termes de la théorie des cascades. Les particules pénétrantes qui paraissent constituer 5 à 10 % du nombre total de particules sur nos clichés, rayonnant moins que des électrons doivent être plus lourdes.

L'examen de plusieurs fins de parcours suggère qu'il s'agit de particules à masse intermédiaire (mésotons) d'après l'ionisation et la dispersion dans le gaz. Ces mésotons seraient probablement créés par paires. Il reste à développer quantitativement toutes les conséquences d'un fait qui n'était antérieurement que probable. Notons seulement qu'une telle production active de mésotons entraîne la présence de nombreux mésotons lents, produits assez près de l'observateur et par conséquent d'un nombre élevé d'électrons de désintégration. On retrouve ainsi l'existence de gerbes de particules non simultanées récemment observées par A. Fréon.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés photochimiques du diméthoxy*-1.4 *diphényl*-9.10 *anthracène*. Note de MM. **René Audubert** et **Charles Racz**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Les photooxydes découverts par M. Ch. Dufraisse et ses collaborateurs sont le résultat d'une réaction photochimique représentée par :

$$\text{(I)} \qquad R + O^2 + h\nu \rightarrow RO^2 + q,$$

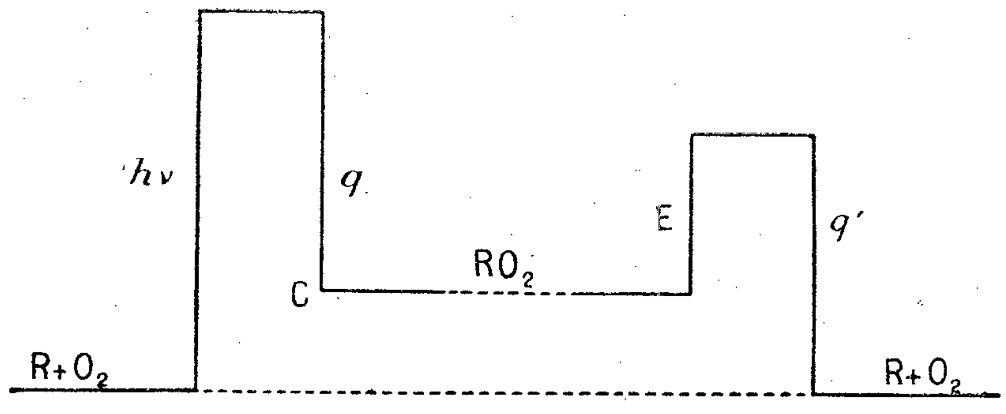
où $q$ désigne la chaleur de la réaction,

D'autre part, la dissociation avec retour à l'état initial peut s'écrire :

$$\text{(II)} \qquad RO^2 + E \rightarrow R + O^2 + q',$$

où E représente l'énergie d'activation du processus de dissociation et $q'$ l'énergie mise en jeu.

On a certaines raisons de penser que l'oxygène libéré lors de la décomposition d'un photooxyde présenterait des propriétés oxydantes particulières; aussi peut-on se demander si cette libération se fait sous forme moléculaire ou atomique. La connaissance de $q'$ permet de répondre à cette question. Si l'on examine le cycle photochimique représenté sur la figure, on voit qu'il




est possible de déterminer une limite supérieure de $q'$ à partir des valeurs de E et de la connaissance énergétique du niveau C. La limite supérieure de $q'$ est obtenue quand le niveau C est à son maximum d'énergie, c'est-à-dire quand $q = 0$; dans ces conditions, $h\nu = C$ et enfin $q' = h\nu + E$.

La détermination de la fréquence, seuil de la réaction photochimique (I), a été faite sur des solutions de diméthoxy-1.4 diphényl-9.10 anthracène dans l'éther anhydre à la concentration de 0,018 g/lit. La réaction d'oxydation a été suivie par une méthode photométrique, grâce à la grande différence que présentent entre eux les spectres d'absorption du carbure et de son photooxyde. En construisant la courbe de variation de la concentration en fonction de la longueur d'onde incidente, on obtient par extrapolation la valeur 4550 Å, soit 61060 cal. pour la longueur d'onde maxima au-dessous de laquelle aucune oxydation appréciable n'est décelée.

D'autre part Ch. Dufraisse et Velluz [1] ont étudié la vitesse de dissociation du photooxyde en fonction de la température; en introduisant leurs données dans l'équation d'Arrhenius, on obtient pour l'énergie d'activation la valeur : $E = 24000$ cal.

Dans ces conditions, la limite supérieure de $q'$ est égale à $61000 + 24000$, soit 85000 cal.

La chaleur de dissociation de la molécule d'oxygène en atomes étant d'au moins 120000 cal., on peut admettre que la libération de l'oxygène lors de la dissociation du photooxyde s'effectue sous forme moléculaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition semihydrobenzoïnique par déshydratation du vinyldiméthylglycol et transposition semipinacolique par déshalogénation de son iodhydrine ou par désamination de l'aminoalcool correspondant.* Note de M. **Yves Deux**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

On sait que, par chauffage avec $SO^4H^2$ dilué, les α-glycols secondaires tertiaires (RR)COH—CHOH—R [1a] sont transformés en cétones non transposées par déshydratation vinylique, comme dans l'exemple suivant, où R est tantôt un benzyle, un hexyle ou un isobutyle :

$$\text{(I)}\qquad {}^{CH^3}_{CH^3}\!\!>\!C\boxed{OH}\!-\!C\boxed{H}OH\!-\!R \xrightarrow{-H^2O} {}^{CH^3}_{CH^3}\!\!>\!C\!=\!C\boxed{OH}R \rightarrow {}^{CH^3}_{CH^3}\!\!>\!CH\!-\!CO\!-\!R.$$

Il n'en est plus de même avec les α-glycols secondaires tertiaires aromatiques tels que (RR)COH—CHOH—Ar. La déshydratation de ces glycols s'effectue toujours par un mécanisme transpositeur qui peut être semipinacolique ou semihydrobenzoïnique, suivant que l'hydroxyle éliminé est le secondaire ou le tertiaire. Dans ce dernier cas ($SO^4H^2$ dilué), il y a transposition semihydrobenzoïnique avec migration du phényle et formation d'aldéhyde trisubstitué [1b]

$$\text{(II)}\qquad (CH^3)^2C\boxed{OH}\!-\!CHO\boxed{H}\!-\!C^6H^5 \rightarrow C^6H^5(CH^3)^2C\!-\!CHO.$$

(1) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1822.

(1) Tiffeneau et Dorlencourt, *Comptes rendus : a*, **143**, 1906, p. 126; *b*, *ibid.*, p. 1242.

Dans l'autre cas, comportant l'élimination de l'hydroxyle secondaire sous l'influence de $SO^4H^2$ concentré, il y a transposition semipinacolique et formation de cétone transposée, par migration d'un méthyle

(III) $(CH^3)^2COH—CHOH—C^6H^5 \rightarrow CH^3—CO—CH(CH^3)C^6H^5$.

Ainsi, par rapport à la réaction (I), les réactions (II) et (III) montrent quelle double influence le radical aromatique peut exercer, d'une part, en ce qui concerne l'hydroxyle éliminé, pour imposer tantôt l'élimination de l'hydroxyle secondaire comme en (III), tantôt l'élimination de l'OH tertiaire comme en (II); d'autre part en ce qui concerne l'hydrogène qui s'unit à cet hydroxyle et qui peut être soit l'hydrogène hydroxylique de la fonction alcool voisine lorsqu'il s'agit d'un mécanisme semihydrobenzoïnique (II), soit l'autre hydrogène lorsque intervient le mécanisme vinylique (I).

Dès lors, étant donné ce qui a été observé par M. Tiffeneau ([2]) ([3]) et par nous-même ([4]), sur l'analogie que présentent les radicaux aromatiques et les radicaux éthyléniques au double point de vue de leurs propriétés attractives d'électrons et leurs aptitudes migratrices, il y avait lieu d'étudier, dans les réactions ci-dessus, le remplacement du radical aromatique par un radical non saturé tel que le vinyle.

Dans un essai préliminaire effectué par isomérisation ([5]) d'un époxyde de même structure, nous avons constaté qu'il y a, comme dans la réaction II, transposition semihydrobenzoïnique avec migration du vinyle et formation d'un aldéhyde, le diméthyl-2.2 butène-3 al

(IV) $(CH^3)^2C—O—CH—CH=CH^2 \rightarrow CH^2=CH—C(CH^3)^2CHO$.

Il était indispensable d'étudier les autres réactions transpositrices du même type, à savoir, d'une part, la déshydratation du glycol correspondant, et, d'autre part, la déshalogénation des halohydrines du même glycol, ou encore la désamination de l'aminoalcool de même structure. Nous avons constaté que, déshydraté par chauffage avec $SO^4H^2$ dilué, le méthyl-2 pentène-4 diol-2.3 ($Éb_8$ 65-67°, *p*-dinitrobenzoate F 102-103°) qu'on obtient en hydratant l'époxyde correspondant, se transforme, comme le fait cet époxyde par son isomérisation (IV), en diméthyl-2.2 butène-3 al (semicarbazone F 175°). Il y a donc transposition semihydrobenzoïnique résultant d'une élimination de l'hydroxyle tertiaire suivie de la migration du radical vinyle. Au contraire, la déshalogénation argentique de l'iodhydrine $(CH^3)^2COH—CHI—CH=CH^2$

---

([2]) TIFFENEAU, *Helv. chim. Acta*, **21**, 1938, p. 404.

([3]) TIFFENEAU et P. WEILL, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1217; **204**, 1937, p. 590.

([4]) DEUX, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1017; **208**, 1939, pp. 522, 1090, 2002; **211**, 1940, p. 441; **212**, 1941, pp. 795, 916; **213**, 1942, p. 209.

([5]) DEUX, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 921.

qu'on obtient en fixant IOH sur le diméthylvinyléthylène, et, d'autre part, la désamination nitreuse de l'aminoalcool correspondant

$$(CH^3)^2COH-CH(NH^2)-CH=CH^2 \quad \text{(picrate F 165-166°)},$$

résultant de l'action de $NH^3$ sur l'époxyde ci-dessus, fournissent une même cétone transposée, la méthyl-3 pentène-1 one-4 ($Éb_{60}$ 78-80°; semicarbazone F 102-103°; oxime F 81-82°). Cette cétone résulte, comme la réaction (III), d'une transposition semipinacolique avec migration d'un méthyle.

$$\text{(V)} \qquad (CH^3)^2COH-CHX-CH=CH^2 \xrightarrow{-XH} CH^3-CO-CH(CH^3)CH=CH^2.$$

Ainsi, dans la réaction (I), le simple remplacement du radical aliphatique R par le radical vinyle conduit aux mêmes résultats (IV) et (V) que le remplacement par un radical aromatique (II) et (III).

Il convient d'ajouter ici que certains radicaux aliphatiques peuvent également jouer le même rôle que les radicaux aromatiques; c'est ainsi que l'hydrolyse acide des éthers des glycols ci-dessus $(CH^3)^2C(OH)-CHOCH^3-R$, dans lesquels R est un radical aliphatique, conduit aux cétones $(CH^3)^2CH-CO-R$, c'est-à-dire suivant la réaction (I), pour les radicaux en $C^8$ et au-dessous, alors que pour $R=C^{10}H^{21}$ et pour les radicaux homologues supérieurs, il y a, comme dans la réaction (II), transposition suivant le type hydrobenzoïnique avec formation d'aldéhyde ([6])

$$(CH^3)^2COH-CHOCH^3-C^{10}H^{21} \xrightarrow{-CH^3OH} C^{10}H^{21}(CH^3)^2C-CHO.$$

Aucune interprétation n'a été donnée jusqu'ici pour expliquer cette différence entre les radicaux aliphatiques inférieurs à $C^8$ et ceux supérieurs à $C^9$.

Quoi qu'il en soit, il importe de retenir de tous ces faits le comportement différent des glycols secondaires-tertiaires, d'une part, suivant le réactif employé et, dans le cas de $SO^4H^2$, suivant que celui-ci est concentré ou dilué, d'autre part, suivant le caractère acyclique ou cyclique des radicaux envisagés, et même suivant leur caractère saturé ou non saturé ou suivant leur nombre d'atomes de carbone.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la distribution et la variation séculaire de l'aimantation terrestre.* Note ([1]) de M. **Paul Rougerie**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous avons profité de l'abondance exceptionnelle de mesures régulières recueillies pendant la dernière Année polaire internationale 1932-1933 pour obtenir quelques renseignements nouveaux sur l'état magnétique du Globe.

---

([6]) Darzens et André Lévy, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 184.

([1]) Séance du 15 mars 1943.

La constante magnétique locale G de L. A. Bauer, définie en fonction des composantes horizontale H et verticale Z par la relation simple $G = \sqrt{H^2 + Z^2/4}$, serait égale au quotient $M/R^3$ du moment magnétique par le cube du rayon moyen si la Terre était aimantée uniformément. Nous avons calculé G pour 65 stations magnétiques permanentes ou provisoires.

La valeur moyenne $G_m = 0{,}30821$ gauss trouvée pour l'ensemble des points examinés s'écarte peu du nombre 0,31089 déduit par L. A. Bauer de l'analyse harmonique du champ magnétique terrestre ([2]). La constante magnétique G croît nettement des pôles vers l'équateur, de 200 $\gamma$ environ par degré de latitude dans l'hémisphère Nord.

La carte des isanomales par rapport à $G_m$ met en évidence les caractères suivants. Deux courbes d'écart nul partagent la surface terrestre en quatre parties d'étendues inégales : deux aires de valeurs excédentaires s'étalent largement de part et d'autre du méridien de 15° W environ, sur l'Asie, l'Amérique du Nord et du Centre, tandis que deux autres aires de valeurs déficitaires s'encastrent entre les précédentes sur l'Europe et l'Atlantique Nord, sur l'Afrique, l'Amérique et l'Atlantique Sud, approximativement centrées sur le méridien de longitude nulle. Cette distribution rappelle étroitement celle indiquée antérieurement par A. Nippoldt ([3]). On y reconnaît aussi la proximité des points d'écarts extrêmes (pôles de G) avec les points correspondants (pôles de Z) du champ terrestre résiduel déterminé par L. A. Bauer. La grande similitude ainsi constatée entre les deux groupes de résultats prouve qu'entre 1910 et 1933 la répartition de l'aimantation sur la sphère terrestre n'a pas subi de changements systématiques considérables.

Nous avons cherché à préciser l'allure de la variation séculaire de G en utilisant les données d'une trentaine d'observatoires possédant les séries de mesures magnétiques les plus longues. En particulier, voici pour la station française du Val-Joyeux les valeurs moyennes annuelles de G depuis 1922, complétant la liste de celles publiées par Ch. Maurain et M^me de Madinhac ([4]) :

| Année | 1922. | 1923. | 1924. | 1925. | 1926. | 1927. | 1928. | 1929. | 1930. | 1931. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G | 0,28593 | 588 | 587 | 578 | 571 | 587 | 577 | 578 | 575 | 599 |
| Année | 1932. | 1933. | 1934. | 1935. | 1936. | 1937. | 1938. | 1939. | 1940. | 1941. |
| G | 604 | 612 | 620 | 630 | 637 | 648 | 667 | 681 | 701 | 717 |

La variation avec changement de sens signalée par ces auteurs n'apparaît que dans les stations européennes et celles de l'Asie continentale. Elle présente un maximum voisin de 1902 et un minimum voisin de 1930. Dans toutes les autres stations examinées, G manifeste soit un accroissement continu (Inde, Chine, Japon), soit une décroissance continue (Amérique, Australie).

---

([2]) *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 1923, p. 15.

([3]) *Ibid.*, 1932, p. 284.

([4]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1726.

La variation séculaire moyenne $\Delta G$ de 1900 à nos jours, calculée pour une soixantaine de stations magnétiques, met notamment en évidence l'existence d'un noyau de variation positive (Europe et Asie méridionales) et d'un noyau de variation fortement négative (Amérique). La désaimantation du Globe n'est donc pas absolument générale. La variation relative moyenne $\Delta G_m/G_m$ est égale à $-(1/2631)$. Le taux de variation, qui reste faible sur les océans, atteint ses plus fortes valeurs à l'intérieur des continents. Dans les stations d'Europe et d'Asie, il y a un minimum relatif vers 40°N, dans celle d'Amérique un maximum relatif à la même latitude.

Ces diverses remarques confirment la complexité de l'aimantation terrestre et l'asymétrie marquée de son champ de variation séculaire.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Un nouveau type d'évolution du convergent dans l'hypocotyle de l'*Araucaria imbricata *Pav.* Note (1) de M. **Édouard Boureau**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le genre *Araucaria* remontant au Carbonifère inférieur, il était intéressant de déterminer avec précision l'évolution de son appareil conducteur. Nous avons donc examiné la série des structures dans des coupes faites de la pointe de la racine vers l'extrémité cotylédonaire dans des plantules, aux divers stades de leur développement.

La racine montre la structure alterne typique, un faisceau de xylème alternant avec un faisceau de phloème. Un faisceau de xylème entre deux faisceaux libériens constitue ce que, depuis Gustave Chauveaud, on est convenu d'appeler un convergent (Éd. Boureau, *Thèse*, fig. 106). Ajoutons que, dans l'embryon d'une graine stratifiée, les convergents, constitués souvent par du phloème précurseur et des vaisseaux de xylème ou au moins par un méristème au milieu d'un parenchyme fondamental gorgé d'amidon, sont nettement indépendants (*ibid.*, fig. 105, I).

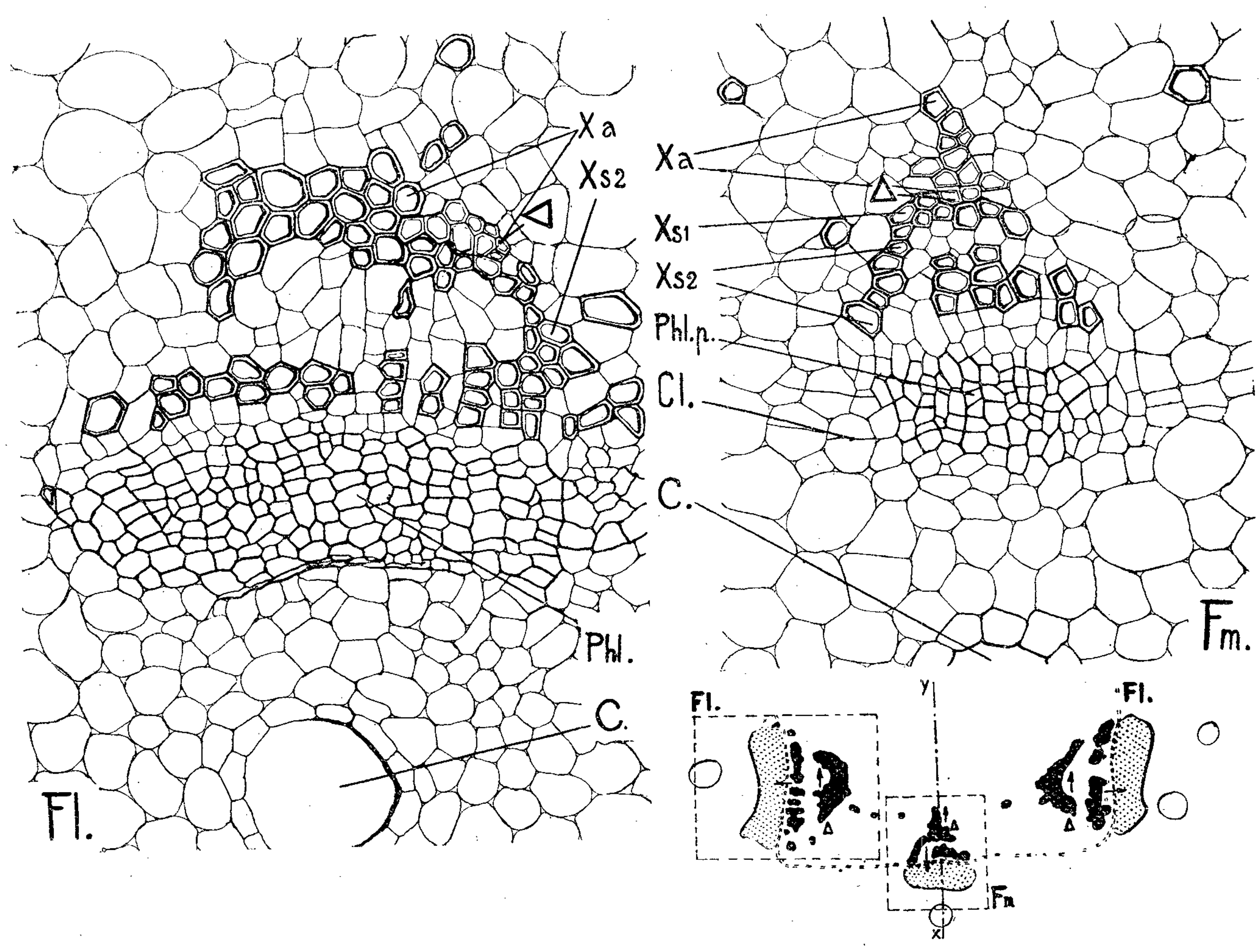
A un même niveau de la racine, on constate la succession habituelle des phases décrites chez les phanérogames (*ibid.*, fig. 107).

Mais, quand on s'élève dans l'hypocotyle, on croit voir le faisceau alterne se dédoubler en deux files centripètes de vaisseaux qui s'écartent peu à peu, puis deviennent parallèles. Ces deux files sont parfois séparées par une vaste lacune du parenchyme (*ibid.*, fig. 108 et 111). Cette illusion du dédoublement est due à la formation de nouveaux vaisseaux. Un aspect semblable a été signalé souvent chez les Phanérogames (Nægeli, 1858), en particulier chez les Pins (Dangeard, Kattein, Tronchet, Mlle Fourcroy, Boureau, *Pinus edulis*, etc.). Dans les Pins il est accompagné par l'apparition dans le sens basifuge,

(1) Séance du 15 mars 1943.

de deux convergents absolument identiques à celui de la racine (*id.*, p. 36). Autrement dit, entre les deux faisceaux centripètes qui se séparent, apparaît un nouveau faisceau libéro-ligneux (*id.*, fig. 19). Observée dans le sens basipète, une telle évolution est donc considérée comme un processus de réduction du nombre des convergents qui fusionnent.

Dans l'*Araucaria imbricata*, entre les portions de bois centripète, quelquefois séparées par une lacune (*ibid.*, fig. 108), il ne se produit pas de faisceau libéro-ligneux. Ce n'est qu'à l'extérieur, c'est-à-dire d'un seul côté de ces deux portions vasculaires centripètes, que l'on observe un faisceau libéro-ligneux. Un même convergent de racine, où le xylème est en position alterne,




Portion de coupe transversale d'une plantule de l'*Araucaria imbricata*, montrant un convergent de l'hypocotyle.

Δ, pôle de la différenciation centripète Xa; XY, axe du convergent; Fl, faisceau latéral; Fm, faisceau médian. Les tirets limitent les figures ci-contre, représentant les faisceaux Fl et Fm. Xs 1, xylème superposé direct; Xs 2, xylème superposé indirect; Phl., phloème; Cl., cloisonnements de l'assise génératrice; C, canal sécréteur.

se présente donc plus haut sous la forme de deux faisceaux libéro-ligneux accompagnés chacun d'un faisceau centripète de xylème primitif qui leur donne sa forme annulaire. Les résorptions de ces faisceaux commencent d'abord au pointement (en Δ), puis le xylème centripète disparaît dans le sens tangentiel, à mesure que les formations de xylème secondaire deviennent plus abondantes.

Dans certains convergents (*fig.* 1), le xylème centripète se fragmente en

trois portions (Xa). Deux d'entre elles se dirigent vers les deux faisceaux de phloème latéraux (Fl). Une troisième portion reste dans l'axe du médian XY du convergent. C'est alors que des éléments superposés ($Xs^1$ et $Xs^2$) se différencient dans leur partie externe, sous le pointement Δ, formant le faisceau médian figuré ci-dessus en Fm. La partie centripète, presque entièrement délignifiée, surtout dans sa partie la plus primitive, ne se colore que très faiblement à la vésuvine. Plus haut, ces faisceaux perdent leur portion centripète qui se résorbe. Ils peuvent encore, à un niveau plus élevé, se fragmenter, de sorte que, dans le cotylédon, il peut y avoir 3, 4, 5 ou 6 faisceaux libéro-ligneux distincts.

Il y a donc là un mode tout à fait particulier de l'évolution du convergent. De plus, en ce qui concerne les faisceaux latéraux (Fl), en raison de la position particulière du bois centripète, leur développement aboutit à la formation d'un nouveau type de faisceau annulaire.

Ce nouveau type d'évolution du convergent de l'*Araucaria*, donnant lieu à la division des faisceaux libéro-ligneux et à leur transformation pour certains en faisceaux annulaires, est un fait important susceptible d'éclaircir la phylogénie de ce groupe si ancien des Araucariées.

CHIMIE AGRICOLE. — *L'action des oxydants sur les protéides de la farine de Blé.* Note de MM. **Raymond Guillemet** et **Georges Sonntag**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il n'est probablement pas un milieu où les qualités plastiques des protéides soient mises davantage à contribution que celui constitué par la pâte boulangère. Pour expliquer l'effet améliorant de l'acide ascorbique sur les propriétés mécaniques du gluten, nous avions mis [1] en évidence son action dans le système oxydasique de la farine de Blé, en tant qu'accepteur d'hydrogène et *producteur d'eau oxygénée*.

Nous avons d'ailleurs vérifié depuis cette production de $H^2O^2$ par l'acide ascorbique en présence d'oxygène, déjà signalée par d'autres auteurs. Nous l'avons distillée dans le vide et en avons estimé la quantité par la méthode de Denigès. La démonstration est aisée après barbotage d'oxygène ou d'air dans une solution d'acide ascorbique, soit pure, soit additionnée de traces de cuivre ou de jus de Betterave. Dans les extraits aqueux de farine on est gêné par l'action des peroxydases et du glutathion; on arrive néanmoins à empêcher la destruction rapide de $H^2O^2$ et à la recueillir, en saturant au préalable d'oxygène l'extrait de farine.

Lorsqu'on introduit $H^2O^2$ dans l'eau de pétrissage de la farine, son action, déjà signalée par Potel, est *immédiate* et beaucoup plus importante que celle

[1] *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 720.

de l'acide ascorbique et des autres oxydants déjà préconisés : bromates, persulfates etc. La pâte a besoin d'un supplément d'eau qu'elle retient au four et donne un pain de meilleur aspect que le témoin. L'eau oxygénée affermit d'ailleurs le gluten isolé de la farine et le rend même grumeleux.

On a constaté que les processus de la protéolyse par les protéases du type papaïne sont favorisés par les réducteurs et inhibés par les oxydants. Les expériences de Bersin, de Vœgtlin et Mayer, de Rondoni et Pozzi et de P. Reiss ([2]) traduisent même d'éventuelles condensations d'acides aminés. Il est vrai que Linderström-Lang et Strain ont émis des doutes sur la réalité de cette protéogénèse en milieu oxydant. De son côté Dakin a montré l'oxydation préjudicielle des aminoacides par $H^2O^2$; nous avons fait la même observation avec le glycocolle et avons obtenu des quantités de $NH^3$ correspondant à l'azote aminé disparu; par contre nous n'avons pas observé d'action oxydante sur l'acide glutamique.

Nous avons étudié l'action de doses variées de $H^2O^2$ sur des suspensions de farine et sur des pâtons, et n'avons réussi à mettre en évidence qu'un arrêt de la production des aminoacides par les protéases de la farine ou la papaïne. Les quelques régressions observées ne peuvent guère être retenues, car leur ordre de grandeur varie suivant qu'on dose les carboxyles ou l'azote aminé. En présence d'acide ascorbique, nous n'avons observé, dans les meilleures conditions expérimentales, qu'un freinage de la protéolyse, vraisemblablement en raison de la moindre quantité de $H^2O^2$ présente.

Les protéases de la farine sont peu actives et les quantités d'acides aminés normalement produites au cours de la fermentation panaire quasi insignifiantes. Les protéases de la levure restent dans les cellules non éclatées; seul le glutathion libéré pourrait constituer un activateur de la protéolyse. Or l'effet de $H^2O^2$ est immédiat et bien trop important pour que la seule inhibition constatée puisse l'expliquer; d'ailleurs la dose optimum, relativement forte, fait penser que non seulement il y a inactivation des protéases, mais aussi action sur les protéides.

L'eau oxygénée oxyde les groupements —SH en —S—S—, tandis que les réducteurs comme la cystéine, les sulfites et le cyanure, réduisent —S—S— en —SH. Les travaux de Balls ([3]) montrent que la cystéine, par exemple, est capable de fluidifier un pâton; nous avons refait l'expérience et avons obtenu une pâte filante analogue à celle de farine de Blé punaisé ([4]); on cherche vainement un accroissement de la quantité d'acides aminés ou d'azote soluble au cours de ce phénomène.

---

([2]) *Thèse de Doctorat ès Sciences*, Clermont-Ferrand, 1942. On y trouve une abondante bibliographie.

([3]) *Cereal Chemistry*, **13**, n° 6, 1936, p. 656.

([4]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 570.

En utilisant la réaction colorée des groupements —SH avec le nitroprussiate alcalin, nous avons vérifié que ces groupements, qui sont peu apparents dans une pâte normale et augmentent beaucoup par addition de sulfite, disparaissent par contre en présence de $H^2O^2$. Le phénomène est encore plus frappant si l'on expérimente sur des farines périphériques du grain de Blé, plus riches en soufre protidique et de mauvaise qualité boulangère notoire en liaison avec leur rapport S/N élevé ([5]). On fait la même constatation sur le gluten lavé d'un pâton additionné de $H^2O^2$ ou de sulfite. Ce serait donc en particulier par soudure des liaisons —S—S— unissant les chaînes peptidiques entre elles que $H^2O^2$ exercerait une action condensatrice sur les protéides de la pâte, soudure emprisonnant de *l'eau liée*. Inversement, dans un milieu réducteur, les groupements —SH apparaissent aux dépens des liaisons —S—S— : la pâte *relâche* et de l'eau suinte à sa surface. Ceci n'exclut d'ailleurs pas que $H^2O^2$ puisse exercer d'autres actions sur la structure secondaire des protéides.

M. H. Devaux nous suggérait récemment que le pétrissage de la pâte jusqu'au moment où elle ne colle plus aux mains pourrait bien correspondre à une orientation des extrémités hydrophobes des restes peptidiques vers l'extérieur du pâton ([6]). Plus le milieu est réducteur, plus facilement la structure secondaire des protéides est perturbée, en particulier par rupture des ponts —S—S—; les extrémités hydrophyles basculent vers l'extérieur et de l'eau est rejetée. L'addition d'oxydants évite ces effets nuisibles; c'est d'ailleurs plutôt un remède préventif, car il ne semble pas que ces phénomènes soient réversibles.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Assimilation du calcium en fonction de la nature des sels ingérés.* Note de M^lle **Yvette Armand**, présentée par M. Maurice Javillier.

On a cru longtemps que les composés organiques du calcium étaient mieux utilisés par l'organisme que certains sels minéraux moins solubles. Actuellement on a tendance à admettre que la nature du sel intervient peu dans l'assimilation de cet élément, à condition que le régime comporte un rapport Ca/P convenable, qu'il renferme une quantité suffisante de vitamine D et qu'il ne soit pas trop déséquilibré du point de vue acidobasique. Quelques expériences viennent à l'appui de cette conception [Osborne et Mendel ([1])]. Cependant Bliss et Morrison ([2]), étudiant, en relation avec différents apports calciques, l'action narcotique du sulfate de magnésium sur la Souris, arrivent

([5]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1052.
([6]) En accord avec les idées de Dervichian.

([1]) *J. Biol. Chem.*, 34, 1918, p. 131.
([2]) *J. Am. Pharm. Assoc.*, 24, 1935, p. 280.

à la conclusion qu'il existe une hiérarchie dans l'absorption des sels de calcium et proposent le classement suivant par ordre d'absorption décroissante : lactate, gluconate, chlorure, inositohexaphosphate, phosphate bicalcique, glycérophosphate. Cette liste montre qu'il n'y a aucun rapport entre l'absorption et la qualité minérale ou organique des composés expérimentés.

Il nous a paru intéressant de reprendre systématiquement cette étude, en déterminant directement les bilans calciques de Rats blancs. Nos essais se sont poursuivis sur 6 rats de même portée, répartis en 2 lots, l'un recevant une forme minérale, l'autre une forme organique de calcium. Le régime de base était toujours strictement isoénergétique, isoazoté, équilibré du point de vue vitaminique, y compris la vitamine D. Le mélange salin, dans lequel variaient seules les formes de phosphore et de calcium, était composé de chlorure de sodium, sulfate de magnésium et lactate de fer. Les animaux ne consommaient que de l'eau distillée. Chaque composé calcique fut étudié pendant 3 à 4 semaines. Les expériences portant toujours sur les mêmes animaux en pleine croissance, on ne peut rigoureusement comparer que les 2 lots d'une même série. En effet la rétention du calcium tend à s'abaisser à mesure que l'animal se rapproche de l'âge adulte. De plus les valeurs du rapport Ca/P sont de même ordre au sein de chaque série, mais varient d'une période à l'autre, comme on le verra dans le tableau suivant. A l'aide de dosages sur la nourriture ingérée, les fèces, les urines, nous avons déterminé les bilans de calcium et de phosphore, en utilisant des techniques dont les modalités seront décrites par ailleurs.

Voici l'ensemble des résultats :

| Sel de Ca et P. | Gain de poids. | Bilan Ca %. | Bilan P %. |
|---|---|---|---|
| Phosphate tricalcique; Ca/P : 1,8 | 35g | 48 | 41 |
| | 32 | 46 | 42 |
| | 36 | 44 | 44 |
| Moy...... | 34 | 46 | 42 |
| $CO^3Ca$; $PO^4H^2Na$; Ca/P : 1 | 45 | 43 | 24 |
| | 25 | 43 | 18 |
| | 20 | 36 | 25 |
| Moy...... | 30 | 41 | 22 |
| $SO^4Ca$; $PO^4H^2Na$; Ca/P : 1 | 7 | 23 | −4 |
| | 9 | 24 | −5 |
| | 7 | 30 | 0 |
| Moy...... | 8 | 26 | −3 |
| Phosphate-éthyle-Ca; Ca/P : 0,75 | 17 | 35 | 20 |
| | 15 | 31 | 34 |
| | 23 | 33 | 25 |
| Moy...... | 18 | 33 | 26 |

| Sel de Ca et P. | Gain de poids. | Bilan Ca %. | Bilan P %. |
|---|---|---|---|
| Lactate-Ca; $PO^4H^2K$; Ca/P : 1,8 | 33g | 42 | 43 |
| | 33 | 38 | 46 |
| | 31 | 42 | 40 |
| Moy...... | 32 | 41 | 43 |
| Acétylglycocollate-Ca; $P^2O^7Na^2$; Ca/P : 1 | 39 | 56 | 36 |
| | 25 | 55 | 31 |
| | 46 | 55 | 35 |
| Moy...... | 37 | 55 | 34 |
| Gluconate-Ca; $PO^4H^2Na$; Ca/P : 1 | 33 | 35 | 16 |
| | 15 | 31 | 15 |
| | 23 | 22 | 13 |
| Moy...... | 24 | 29 | 15 |
| Glycérophosphate-Ca; Ca/P : 0,86 | 20 | 22 | 38 |
| | 10 | 26 | 40 |
| | 6 | 33 | 40 |
| Moy...... | 12 | 27 | 39 |

Cette étude nous conduit aux conclusions suivantes :

1° Tous les sels de calcium, utilisés par nous, s'avèrent susceptibles de couvrir les besoins calciques du Rat blanc. La nature de ces sels intervient néanmoins dans le pourcentage des rétentions. Les meilleures valeurs ont été obtenues avec l'acétylglycocollate (rétention supérieure à 50 %), les plus médiocres avec le sulfate de calcium (rétention de 25 % environ). Autrement dit, un besoin calcique de 1^g^ peut être couvert soit par 2^g^ d'acétylglycocollate, soit par 4^g^ de sulfate de calcium. En cas de déficit dans les apports calciques, l'économie réalisée est appréciable. Il n'existe cependant aucune relation systématique entre solubilité et assimilation. C'est ainsi que phosphate et lactate déterminent des bilans comparables. Les molécules organiques les plus séduisantes ne sont donc pas *a priori* les plus efficaces. Actuellement on s'efforce en thérapeutique de trouver un composé dans lequel le rapport Ca/P soit optimal, en oubliant que l'important est la valeur de ce rapport dans la ration globale. Si la carence est uniquement calcique, il n'y a aucun intérêt en effet à prescrire un composé renfermant du phosphore.

2° Malgré la relation biologique étroite qui unit les destinées du calcium et du phosphore, nos expériences montrent qu'il peut y avoir disjonction entre ces deux métabolismes. Les variations de bilan du calcium et du phosphore ne sont pas obligatoirement parallèles : avec $SO^4Ca$ et $PO^4H^2Na$ nous avons observé une rétention calcique accompagnée d'un bilan de phosphore déficitaire. Nous nous bornons à signaler ces faits paradoxaux, nos études actuelles ayant pour but d'en saisir l'explication, car la répercussion sur la croissance est des plus marquées.

EMBRYOGÉNIE. — *Action immédiate de l'hypertonie sur le germe de l'Oursin.* Note de M. **Christian Mettetal**, transmise par M. Paul Wintrebert.

J'ai indiqué [1] que, dans les blastulas nageantes de *Paracentrotus lividus* Lk., l'hypotonie provoque un gonflement immédiat des cellules et par suite une extension rapide de la paroi; la pression s'abaisse à l'intérieur du blastocœle, et la blastula, au lieu de rester sphérique, présente des enfoncements. Il m'a paru intéressant de rechercher si les solutions hypertoniques déterminent une augmentation de pression à l'intérieur du blastocœle. L'expérience fut réalisée sur un seul germe à la fois; après l'avoir dessiné, on le transporte dans un mélange à parties égales d'eau de mer normale et d'eau de mer dont le volume est au préalable réduit à la moitié de sa valeur primitive par évaporation à la température du laboratoire. Dans ce milieu, où la proportion des sels entre eux n'est pas modifiée, l'embryon peut vivre plusieurs heures, bien

(1) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 227.

que son développement soit arrêté. Sa réaction immédiate a seule été examinée.

I. Dans les blastulas traitées *avant l'éclosion*, des dépressions peu étendues et passagères marquent le côté externe des cellules (*fig.* A-A'). Elles tradui-

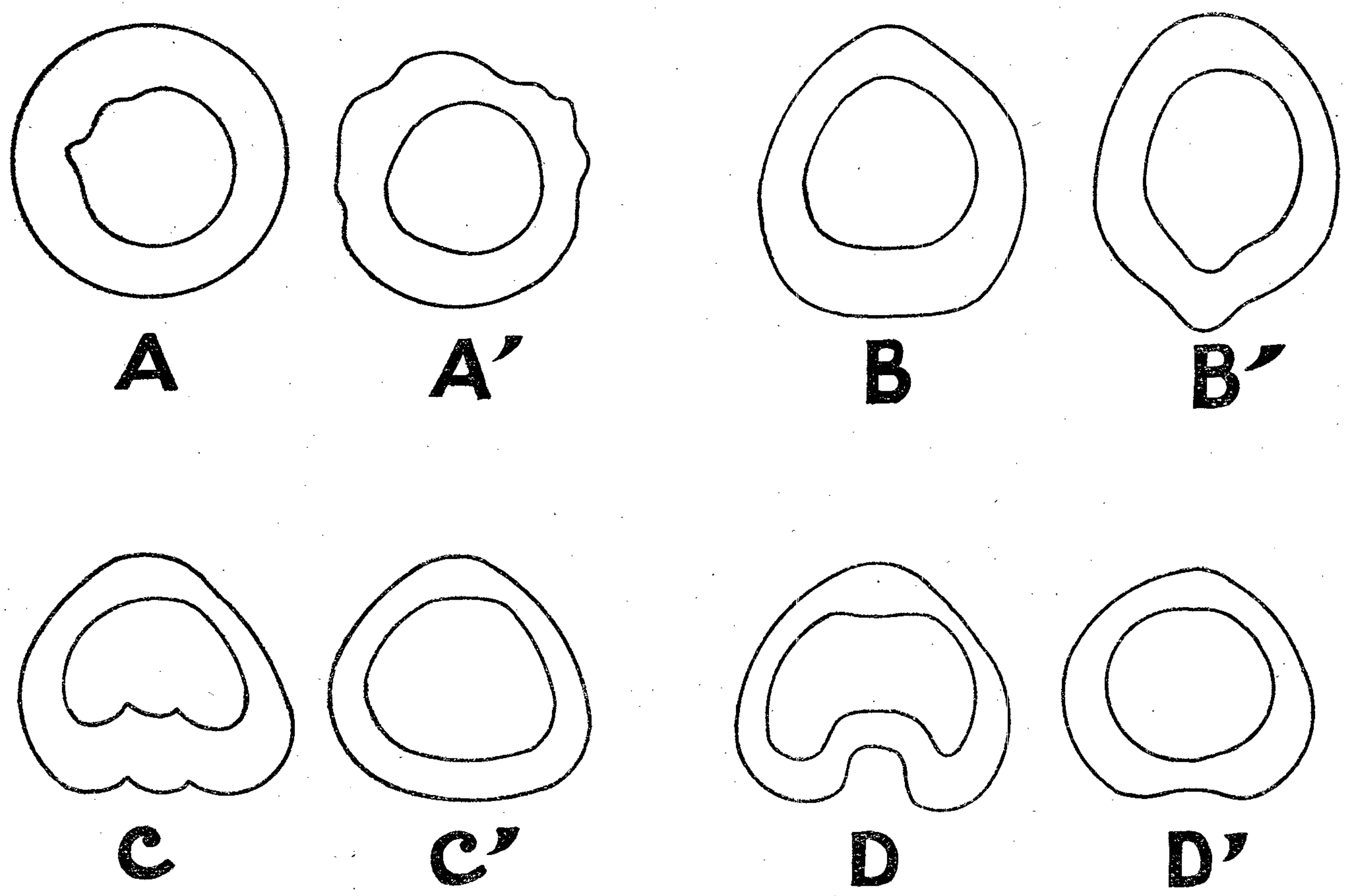



Fig. A-D. — Germes vivants de *Paracentrotus lividus* Lk.
Dessinés avant (A-B-C-D) et après (A'-B'-C'-D') leur transport dans le milieu hypertonique.

sent, entre les éléments du germe, des différences de perméabilité aux sels qui correspondent, en partie du moins, aux phases de perméabilité cellulaire de la mitose mises en évidence par Herlant (1920) sur l'œuf indivis et les premiers blastomères de l'Oursin. Ces dépressions, qui ne modifient pas la forme d'ensemble de l'embryon, se distinguent aisément des vastes enfoncements qui caractérisent la réaction en hypotonie de la blastula éclose. Par contraste avec ces manifestations externes, la face blastocœlienne de la paroi devient plus régulière.

II. Les blastulas transportées dans le milieu hypertonique *après leur éclosion* présentent des mouvements fortement ralentis. Leur surface montre les mêmes irrégularités que celle des germes plus jeunes, par suite de modifications régionales de la hauteur des cellules. Ces dépressions peuvent être latérales ou placées au pôle végétatif; le pôle animal est presque toujours épargné.

III. Aux *approches de la gastrulation*, quand la région du pôle végétatif est aplatie, le traitement hypertonique, qui jusqu'alors n'avait aucune action sur la forme générale du germe, modifie cette dernière; la région plane végétative devient convexe vers l'extérieur; l'hypertonie rétablit ainsi la forme qui

existait dans les stades précédents. Son action va quelquefois plus loin et fait apparaître à l'endroit même du pôle végétatif un petit mucron saillant vers le dehors (*fig.* B-B'). Il existe donc dans le blastocœle une augmentation de pression qui va jusqu'à repousser au dehors le massif formé par les micromères.

IV. L'action de l'hypertonie sur les *gastrulas très jeunes* est encore plus marquée. L'invagination disparaît et la région végétative devient régulièrement convexe vers l'extérieur (*fig.* C-C'). Lorsque l'archenteron est plus profond, il est encore refoulé mais ne disparaît pas complètement, et la trace de l'invagination reste visible sous l'aspect d'une légère concavité au pôle végétatif (*fig.* D-D'). Plus tard, dès que le sommet de l'archenteron atteint l'équateur, la forme du germe n'est plus modifiée.

*Conclusion.* — Le passage des œufs d'Oursin aux stades blastula et gastrula dans un milieu hypertonique détermine : 1° Une réduction de hauteur de certaines cellules manifestée par l'affaissement de leur face externe; 2° Une augmentation de la pression blastocœlienne, évidente au stade gastrula quand elle repousse l'archenteron et qui empêche à tout âge la déformation interne des cellules pariétales. Les phénomènes sont l'inverse de ceux qui ont été décrits à propos de l'hypotonie. Dans celle-ci, les cellules s'étendent avant que le blastocœle ne reçoive de l'eau; ici les cellules se réduisent avant que le blastocœle ne perde de l'eau : le contenu ne change pas, mais le contenant diminue et tend à établir une forme sphérique.

## PATHOLOGIE. — *Un* Aspergillus *pathogène nouveau*, Aspergillus septatus *n. sp.* Note de MM. **Auguste** et **René Sartory**.

Le Champignon qui fait l'objet de cette étude a été isolé constamment d'expectorations d'un malade suspect de tuberculose pulmonaire. Le patient est un jeune homme, menuisier de son état. Mobilisé en 1939, blessé en 1940, d'une balle au bras droit, il s'est bien remis de sa blessure.

Après sa démobilisation en 1940, il retrouve sa profession, mais, le 15 février 1941, il se plaint de toux et d'essoufflements; dix jours plus tard, la toux augmente; par la suite le malade maigrit de quatre kilos en un mois et les forces diminuent jusqu'à rendre tout travail impossible. L'expectoration abondante est sans odeur putride; elle se montre constituée par un liquide légèrement spumeux tenant en suspension quelques grains mous, granuleux et blanchâtres. Pas de sang.

A l'examen microscopique, outre un Staphylocoque, on décèle de petits filaments mycéliens de 10 à $15^{\mu}$ de long, de 2 à $3^{\mu}$ de large avec ou sans ramifications; celles-ci ne se montrent qu'à l'état d'ébauches (petites hernies).

Le parasite a été isolé par la méthode des plaques sur milieu de Raulin gélosé, gélosé maltosé, gélosé maltosé tournesolé. Les cultures, disposées à $+22°$, $+26°$ et $+37°$, poussent d'une manière satisfaisante.

Sur liquide de Raulin et pomme de terre acide, nous obtenons d'emblée une culture pure du Champignon dont nous allons donner la description; sur pomme de terre ordinaire et sur carotte, nous décelons en plus un *Staphylocoque doré*. Sur plaques de Raulin gélosé, on obtient une bactérie, le Staphylocoque et notre Champignon.

Les cultures en goutte pendante faites à partir de spores obtenues sur milieu de Raulin, nous donnent les caractères suivants : Mycélium blanc composé de filaments assez minces (2 à $3^{\mu}$), cloisonnés, formant au bout de peu de temps un tissu serré. Conidiophores dressés de 100 à $300^{\mu}$. Dès le 3e ou 4e jour, le mycélium prend une coloration rose qui fonce légèrement les 6e et 7e jours. Conidiophores se renflant en têtes sphériques mesurant de 30 à $40^{\mu}$, couverts seulement dans la moitié ou les deux tiers supérieurs de phialides assez grandes, les plus petites de 6 à $7^{\mu}$, les plus grandes de 14 à $17^{\mu}$, toujours plus courtes au voisinage du sommet. Elles sont toutes cloisonnées dans leur partie médiane; la cloison est toujours unique, ne disparaît pas par la culture, c'est donc un caractère fixé. C'est la première fois que nous constatons ce fait chez les *Aspergillus*; nous avons décrit il y a quelque temps un *Sterigmatocystis* à basides cloisonnées (*Sterigmatocystis basidiosepta*).

Conidies rondes, parfois elliptiques, roses (2 à $4^{\mu}$). Pas de périthèse ascosporé. L'optimum cultural se place vers $+37^{\circ}$. L'espèce pousse encore à $+40^{\circ}$. A $+43^{\circ}$ on ne constate plus aucune végétation; les spores sont tuées à $+45^{\circ}$.

Les cultures s'obtiennent aisément et en particulier sur le liquide de Raulin ; elles débutent par une colonie blanche, qui s'étale peu à peu et devient rose; cette teinte correspond à l'apparition des organes reproducteurs. Après 10 à 12 jours, la teinte passe au rose sale. La carotte constitue un excellent milieu, de même que la pomme de terre ordinaire et glycérinée. La gélatine est liquéfiée le 22e jour. Le lait est coagulé vers le 7e jour; il y a précipitation de la caséine et peptonification de cette dernière.

L'albumine d'œuf et le sérum coagulé ne sont pas liquéfiés. Le saccharose est dédoublé ainsi que le maltose. Aucune action sur le lactose. Liquéfaction de l'empois d'amidon et production de sucres réducteurs.

L'espèce se montre très pathogène pour le Cobaye et le Lapin, chez lesquels les reins se montrent très altérés; les oiseaux sont très réceptifs, le Pigeon en particulier; ici c'est le foie qui se trouve surtout altéré (injection sous-cutanée). Par voie intraveineuse, il se produit une infection généralisée avec lésions dans les poumons, le foie, la rate et les reins.

Au bout de trois mois et demi de traitement ioduré (4 grammes par jour *per os*) le malade est cliniquement guéri.

L'espèce aspergilienne que nous venons de décrire est, à notre connaissance, la seule connue possédant des phialides cloisonnées. Ses autres caractères botaniques (conidiophores, dimensions et dispositions des conidies sur le conidiophore) la font ressembler à l'*Aspergillus fumigatus* Fr. La couleur

rose l'en distingue. Elle se rapprocherait encore davantage de l'*Aspergillus fumigatoides* var. *roseus* décrit récemment par nous, mais cette première espèce ne donne ni périthèces, ni asques et ascospores. Son pouvoir pathogène est égal à celui de l'*Aspergillus fumigatus* Fr.

Nous nous croyons autorisés à en faire une espèce nouvelle, pour laquelle nous proposons la dénomination d'*Aspergillus septatus* n. sp.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

L. B.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 27 juillet 1942.)

Note de M^lle *Ioana Manescu*, Spectre L et niveaux caractéristiques du celtium (72) et émissions L faibles du celtium et du tantale :

Les émissions du Ct (72) que j'avais observées et identifiées à $L_{III}N_{VI,VII}$ ($\beta'_7$) et $L_{II}N_{VI,VII}$, dans ma Note du 27 juillet 1942, correspondent en réalité aux deux doublets $L_{III}O_{II}O_{III}$ et $L_{II}O_{II}O_{III}$, dont j'ai pu séparer les composantes. Les raies $\beta'_7$ et $\gamma'_8$ ($L_{II}N_{VI,VII}$) sont encore plus faibles et de plus courte longueur d'onde. Voici les caractéristiques de ces différentes émissions :

| λ publiée. | Identification précédente. | Identification correcte. | λ u. x. | $\frac{\nu}{R}$ (obs.). | $\sqrt{\frac{\nu}{R}}$ (obs.). | $\frac{\nu}{R}$ (calc.). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $L_{II}N_{VI,VII}$ ($\gamma'_8$)... | 1153,86 | 789,75 | 28,102 | – |
| 1155,90 | $L_{II}N_{VI,VII}$ | $L_{II}O_{III}$......... | 1156,32 | 788,08 | – | 788,15 |
| | | $L_{II}O_{II}$......... | 1155,34 | 788,74 | – | 788,70 |
| | | $L_{III}N_{VI,VII}$ ($\beta'_7$)... | 1296,39 | 702,93 | 26,512 | – |
| 1298,95 | $L_{III}N_{VI,VII}$ | $L_{III}O_{III}$......... | 1299,34 | 701,33 | – | 701,37 |
| | | $L_{III}O_{II}$......... | 1298,34 | 701,96 | – | 701,92 |

Il s'ensuit une correction sur les données relatives au niveau $N_{VI,VII}$ : $1,00\frac{\nu}{R}$; $1,00\sqrt{\frac{\nu}{R}}$ et 13,547 eV.

(Séance du 4 janvier 1943.)

Note de M. *Victor Thébault*, Sphères associées au tétraèdre :

Page 22, ligne 5 en remontant et page 23, ligne 14 en descendant, *au lieu de* $qR^2$, *lire* $9R^2$; page 22, ligne 2 en remontant, *au lieu de* 1/36, *lire* 3/16.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 29 MARS 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Georges Giraud**, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Bonny-sur-Loire (Loiret), le 16 mars 1943.

*Notice nécrologique sur* Émile Forgue,
par M. **Antonin Gosset**.

Le Professeur **Émile Forgue**, de Montpellier, qui vient de succomber à plus de 82 ans, avait été élu Correspondant de l'Académie des Sciences en 1926.

Avec lui disparaît une des plus grandes figures chirurgicales de France, et surtout un enseigneur remarquable.

Il était né à Briançon en 1860. Fils d'un Maître tailleur de l'Armée, il dut, pour faire ses études de médecine, entrer, comme élève, au service de Santé militaire. En 1883 il entra au Val-de-Grâce, dont il sortit, l'année suivante, major de sa promotion, laissant à ses maîtres et à ses camarades le souvenir d'un jeune professeur extraordinairement doué pour l'enseignement.

Affecté, en qualité d'aide-major, au 2[e] régiment d'Infanterie, à Caen, il prépara, tout en remplissant ses fonctions de médecin aide-major de régiment, le concours d'agrégation de chirurgie, et il fut reçu agrégé, avec affectation à Montpellier, exactement à l'âge de 25 ans.

En 1891, ayant à peine 30 ans, il fut élu Professeur de Médecine opératoire à la Faculté de Montpellier et, en 1895, il succéda au Professeur Dubreuil dans la Chaire de Clinique chirurgicale qu'il occupa jusqu'en 1930, année de sa retraite.

Forgue fut, toute sa vie, un grand travailleur, au courant de tout ce qui se publiait. Voyageant beaucoup, il a porté le renom de la France dans tous les

centres universitaires de l'Europe. Opérateur méthodique, il a été l'élève de Terrier, car il vint s'initier, à l'Hôpital Bichat, à la méthode aseptique alors à son début. Mais ce qui le rendit célèbre, ce sont ses qualités cliniques et ses qualités d'enseigneur. Il laisse une série de traités dans lesquels, depuis 50 ans, toutes les générations d'étudiants se sont instruites, et l'on peut dire qu'à ce point de vue, le rôle de Forgue a été unique. D'autre part il a créé, à Montpellier, une véritable École, et quelques-uns de ses élèves sont déjà des maîtres, témoin le Professeur Jeanbrau qui a été près de lui son assistant, comme agrégé, et occupe depuis des années, magistralement, la nouvelle Chaire de Clinique des Voies Urinaires de Montpellier.

Forgue a écrit, avec Reclus, un *Traité de thérapeutique chirurgicale*, dans lequel nous nous sommes tous instruits. Il a écrit également, seul, un *Traité de Pathologie externe*, que tous les médecins de France et de langue française ont lu et relu. Il a édité un *Traité de Gynécologie* avec le Professeur Massabuau. Avec le Professeur Aimes, il a écrit sur les *Pièges de la Chirurgie*, un volume qui est passionnant à lire. Il a écrit aussi un *Précis d'Anesthésie* qui est entre les mains de tous les chirurgiens. Et enfin, il y a quelques semaines, paraissait sa dernière œuvre qui est, en somme, une autobiographie, *Vie de chirurgien*.

Tous ceux qui ont connu le Professeur Forgue et tous ceux qui liront ses œuvres abondantes et parfaites le considéreront comme un grand clinicien, comme un érudit, comme un grand professeur, qui a sûrement, par sa valeur personnelle et par son rayonnement, grandi la Faculté de Montpellier et toute la chirurgie française.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie de son dernier Ouvrage, *Théorie générale des particules à spin* (*Méthode de fusion*).

Dans ce livre, il a exposé la théorie générale des particules à spin en généralisant la méthode de fusion qui lui avait servi dans l'édification de la Mécanique ondulatoire du photon. La théorie ainsi obtenue est en accord avec celle qu'ont développée d'autres auteurs, notamment M. Fierz. Elle s'applique au photon, au méson et probablement au graviton et conduit à la belle tentative de théorie unitaire due à Mme Tonnelat.

OPOTHÉRAPIE. — *Les effets de l'implantation sous-cutanée de comprimés de propionate de testostérone chez un vieillard.* Note de MM. **Léon Binet** et **François Verliac.**

Depuis que C. E. Brown-Séquard et A. d'Arsonval ont décrit l'action dynamogénique exercée chez le sujet âgé par l'injection de « liquide organique » obtenu en partant de la glande sexuelle mâle, des auteurs ont diversement résolu le problème du rajeunissement par l'opothérapie testicu-

laire. Il nous a semblé intéressant de reprendre cette question à l'heure où, d'une part, une des hormones du testicule se prépare aisément sous forme de propionate de testostérone et où, d'autre part, la pratique de l'implantation de comprimés d'hormones semble prendre droit de cité en thérapeutique humaine.

Nous voudrions rapporter à ce sujet une observation que nous venons de recueillir :

Le 1[er] avril 1942, est amené Salle Hirtz, à l'Hôpital Necker, M. H..., âgé de 88 ans, qui depuis quelques jours se trouvait dans l'impossibilité de marcher et même de se tenir debout. Cet homme, autrefois dessinateur en tissus, avait été bien portant jusqu'en 1941 ; à cette époque, il sentit ses forces diminuer progressivement : la marche devenait moins facile et il lui était arrivé, à plusieurs reprises, étant tombé, de n'avoir pu se relever sans aide. Cette impotence, apparue rapidement, sans douleur, se manifeste si l'on tente de le mettre debout. On est alors contraint de le soutenir de chaque côté, sinon il s'effondre. Essaie-t-on de lui faire faire quelques pas, ses jambes se croisent, il ne les dirige pas.

Cependant, lorsqu'il est étendu, les mouvements volontaires de tous les segments des membres sont conservés, mais la force musculaire est très diminuée, l'atrophie de ses muscles est évidente.

Les réflexes rotuliens existent, les achilléens ne sont pas trouvés. Le réflexe cutané plantaire se fait en flexion des deux côtés. La sensibilité aux divers modes semble un peu émoussée aux extrémités distales.

L'examen complet ne décèle aucune tare viscérale, mais il met en évidence deux troubles importants :

une incontinence fréquente, sans être constante, tant pour les urines que pour les matières;

un certain degré de ralentissement psychique, de l'indifférence à ce qui l'entoure; sa seule activité intellectuelle consiste de temps à autre dans la lecture d'un journal qu'il ne peut commenter.

Pendant deux mois, il reste au repos dans notre service de l'Hôpital, sans que l'on puisse constater trace d'une modification quelconque de son état.

Le 28 mai, sur notre demande, Jean Cauchoix dans le service de Jean Quénu, pratique dans le tissu cellulaire sous-cutané de la paroi thoracique, l'inclusion de 8 *pellets*, de 100[mg] chaque, de propionate de testostérone.

Trois semaines après cette intervention se dessine une amélioration nette.

Le 18 juin, la station debout, sans soutien, est devenue possible; petit à petit, les jours suivants, les progrès s'accentuent, la marche ne nécessite plus à la fin du mois de juin que l'aide d'une canne. En août, il descend seul deux étages, reste dans le jardin une partie de l'après-midi et remonte sans que l'on ait à s'occuper de lui, dans la salle où il est hospitalisé.

Parallèlement à cette régression de l'impotence musculaire, on note :

la disparition complète des troubles sphinctériens;

une transformation certaine de son psychisme; il devient capable d'attention soutenue, fait avec d'autres malades des parties de *dames*, prend plaisir à lire, de préférence des livres parlant de voyages.

La transformation de son état frappe tous ceux qui ont pu suivre cette évolution depuis son entrée à l'hôpital en avril 1942 jusqu'à ce jour.

Nous avons d'autre part constaté pendant cette période des variations quantitatives du poids, de la numération globulaire, des épreuves dynamométriques. Le poids, qui était avant l'intervention de 48$^{kg}$,500, s'est accru régulièrement pour atteindre 62$^{kg}$,400 en fin mars 1943. La numération globulaire montrant un chiffre de globules rouges de 2 860 000 en mai 1942, donnait en juin un chiffre de 3 040 000, en septembre de 3 690 000, en mars de 4 070 000. La dynamométrie clinique révélait une atténuation dans l'effondrement de la force musculaire : les chiffres du dynamomètre passant à droite de 19$^{kg}$ à 27, à gauche de 16 à 26.

Actuellement, le 21 mars 1943 (10 mois après l'implantation des comprimés hormonaux), notre malade, âgé de 89 ans, garde l'amélioration que nous avons soulignée, du côté de ses muscles squelettiques, de ses sphincters et du côté de son intellectualité.

Il nous a paru que cette observation n'était pas sans intérêt, et nous voudrions en rapprocher les résultats, d'une part de ceux obtenus par B. Desmaret et M. Ferrier par l'inclusion intradermique de 100$^{mg}$ de propionate de testostérone chez un sujet atteint d'insuffisance testiculaire juvénile; et d'autre part de ceux de Guy Laroche, H. Simonnet, E. Bompard et J. A. Huet observant une augmentation du poids, de la force musculaire et une amélioration de l'état psychique de leurs malades traités le plus souvent pour hypertrophie prostatique par des doses de 300 à 600$^{mg}$ de propionate de testostérone injectées sous la peau en 15 jours.

Il nous a paru également que l'injection, à des rats vieux, de 10$^{mg}$ de propionate de testostérone déterminait un accroissement du poids et de la force musculaire, ce qui semble prouver l'existence réelle d'un pouvoir dynamogénique de ces hormones testiculaires chez des sujets asthéniques.

Loin de nous la prétention de dire que le problème du rajeunissement est résolu, loin de nous l'idée de penser que la vieillesse est sous l'influence directe et exclusive de l'insuffisance testiculaire; nous voulons simplement affirmer ici que certains troubles, physiques et psychiques, chez les hommes avancés en âge, peuvent être amendés par l'opothérapie testiculaire, convenablement appliquée.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles déterminations de la Pesanteur entre la Saône et l'Allier et dans le Sud des Alpes.* Note (¹) de M. **Pierre Lejay.**

| Station. | Longitude. | Latitude. | Altitude. | Date. | $g$. | $g_0$. | $g''_0$. | $\gamma'_0$. | $g_0-\gamma'_0$. | $g''_0-\gamma'_0$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | mètres | 1942 | gals | gals | gals | gals | mgals | mgals |
| Le Châtelard | 4.45,5 | 45.43,9 | 298 | 11 juill. | 980,618 | – | – | – | – | – |
| Lozanne | 4.40,7 | 45.51,5 | 200 | 13 » | ,656 | 980,718 | 980,695 | 980,707 | + 11 | — 11 |
| St-Laurent-d'Oingt | 4.33,1 | 45.56,1 | 264 | 13 » | ,642 | ,723 | ,693 | ,713 | + 10 | — 20 |
| Chambost | 4.30,3 | 46. 1,3 | 343 | 13 » | ,627 | ,733 | ,694 | ,721 | + 12 | — 27 |
| Charentay-la-Brasse | 4.40,9 | 46. 5,7 | 218 | 13 » | ,670 | ,738 | ,713 | ,728 | + 10 | — 15 |
| Beaujeu | 4.35,4 | 46. 9,3 | 304 | 14 » | ,644 | ,738 | ,704 | ,733 | + 4 | — 29 |
| Tramayes | 4.35,5 | 46.17,5 | 345 | 14 » | ,651 | ,757 | ,718 | ,746 | + 11 | — 27 |
| Aigueperse | 4.26,3 | 46.16,7 | 449 | 14 » | ,626 | ,764 | ,713 | ,744 | + 20 | — 31 |
| Beaubéry | 4.23,4 | 46.23,5 | 356 | 14 » | ,660 | ,770 | ,730 | ,755 | + 15 | — 25 |
| La Clayette | 4.18,2 | 46.17,3 | 374 | 15 » | ,641 | ,756 | ,714 | ,745 | + 11 | — 31 |
| St-Christophe | 4.11,0 | 46.17,2 | 451 | 15 » | ,629 | ,768 | ,717 | ,745 | + 22 | — 28 |
| Charlieu | 4.10,3 | 46. 9,6 | 276 | 15 » | ,641 | ,726 | ,695 | ,734 | — 7 | — 38 |
| Pont de Trambouze | 4.19,0 | 46. 4,3 | 433 | 15 » | ,609 | ,743 | ,694 | ,726 | + 17 | — 32 |
| Montagny | 4.14,0 | 46. 2,0 | 472 | 15 » | ,600 | ,745 | ,692 | ,722 | + 23 | — 30 |
| Roanne-Mably | 4.12,5 | 46. 5,6 | 301 | 16 » | ,621 | ,714 | ,680 | ,728 | — 14 | — 52 |
| Charlieu | 4.10,3 | 46. 9,6 | 276 | 17 » | ,641 | ,726 | ,695 | ,734 | — 7 | — 38 |
| Le Donjon | 3.47,8 | 46.21,0 | 293 | 17 » | ,658 | ,749 | ,716 | ,751 | — 2 | — 35 |
| Jaligny | 3.35,8 | 46.22,8 | 253 | 17 » | ,665 | ,743 | ,715 | ,754 | — 10 | — 39 |
| Boucé | 3.29,6 | 46.19,1 | 263 | 17 » | ,656 | ,738 | ,708 | ,748 | — 10 | — 40 |
| L'Ardoisière | 3.31,3 | 46. 5,7 | 343 | 18 » | ,625 | ,732 | ,693 | ,728 | + 4 | — 35 |
| St-Priest | 3.44,7 | 45.57,9 | 694 | 18 » | ,545 | ,759 | ,681 | ,716 | + 43 | — 35 |
| Pic de Rochefort | 3.51,2 | 46. 0,3 | 1076 | 18 » | ,463 | ,795 | ,673 | ,720 | + 75 | — 47 |
| La Meule | 3.45,0 | 45.53,1 | 789 | 19 » | ,518 | ,761 | ,672 | ,709 | + 52 | — 37 |
| Lezoux | 3.22,7 | 45.49,6 | 347 | 19 » | ,595 | ,702 | ,663 | ,704 | — 2 | — 41 |
| Clermont-Ferrand | – | – | – | 19 » | ,578 | – | – | – | – | – |
| Combronde | 3. 6,5 | 45.59,1 | 371 | 20 » | ,603 | ,717 | ,675 | ,718 | — 1 | — 43 |
| Randan | 3.21,3 | 46. 1,0 | 407 | 20 » | ,582 | ,708 | ,662 | ,721 | — 13 | — 59 |
| St-Christophe | 3.34,6 | 46.10,0 | 383 | 21 » | ,616 | ,734 | ,691 | ,734 | – | — 43 |
| Arfeuilles | 3.43,9 | 46. 9,5 | 428 | 21 » | ,607 | ,739 | ,690 | ,734 | + 5 | — 43 |
| Vivans | 3.55,8 | 46.11,4 | 291 | 21 » | ,628 | ,718 | ,685 | ,736 | — 18 | — 51 |
| Roanne-Mably | 4.12,5 | 46. 5,6 | 301 | 22 » | ,618 | ,711 | ,677 | ,728 | — 16 | — 50 |
| Pont de Presles | 4. 1,8 | 45.55,9 | 304 | 22 » | ,613 | ,707 | ,673 | ,713 | — 6 | — 40 |
| Le Châtelard | 4.45,5 | 45.43,9 | 298 | 24 » | ,618 | – | – | – | – | – |
| Le Châtelard | 4.45,5 | 45.43,9 | 298 | 29 » | ,618 | – | – | – | – | – |
| Bancel | 4.49,1 | 45.13,9 | 140 | 30 » | ,577 | ,620 | ,605 | ,650 | — 29 | — 45 |
| Tain | 4.50,8 | 45. 4,3 | 120 | 30 » | ,565 | ,602 | ,589 | ,636 | — 33 | — 47 |
| Chanos | 4.54,9 | 45. 3,5 | 169 | 30 » | ,539 | ,591 | ,572 | ,634 | — 43 | — 62 |
| Romans | 5. 3,1 | 45. 2,8 | 167 | 31 » | ,549 | ,600 | ,581 | ,633 | — 33 | — 52 |
| St-Marcel | 4.57,7 | 44.58,2 | 166 | 31 » | ,540 | ,591 | ,573 | ,626 | — 35 | — 53 |
| Beaumont | 4.56,8 | 44.51,5 | 148 | 31 » | ,539 | ,584 | ,568 | ,616 | — 32 | — 48 |
| Verchery | 5.15,4 | 44.42,0 | 289 | 31 » | ,494 | ,583 | ,550 | ,602 | — 19 | — 52 |
| Die | 5.21,5 | 44.46,3 | 407 | 31 » | ,466 | ,592 | ,546 | ,608 | — 16 | — 62 |
| Luc | 5.27,1 | 44.36,8 | 567 | 31 » | ,423 | ,598 | ,534 | ,594 | + 3 | — 60 |
| Establet | 5.26,4 | 44.30,4 | 763 | 1er août | ,375 | ,610 | ,524 | ,585 | + 25 | — 61 |
| Col des Tourettes | 5.34,6 | 44.25,7 | 1090 | 1 » | ,296 | ,632 | ,509 | ,578 | + 54 | — 69 |
| Serres | 5.43,0 | 44.25,5 | 672 | 1 » | ,369 | ,576 | ,500 | ,577 | — 1 | — 77 |
| Laragne | 5.49,3 | 44.18,7 | 563 | 1 » | ,384 | ,557 | ,494 | ,567 | — 9 | — 73 |
| Lachau | 5.38,3 | 44.14,4 | 690 | 1 » | ,361 | ,574 | ,496 | ,561 | + 13 | — 65 |

(¹) Séance du 8 mars 1943.

| Station. | Longitude. | Latitude. | Altitude. | Date. | $g$. | $g_0$. | $g''_0$. | $\gamma'_0$. | $g_0-\gamma'_0$. | $g''_0-\gamma_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | mètres | 1942 | gals | gals | gals | gals | mgals | mgals |
| Sederon | 5.32,3 | 44.12,2 | 809 | 2 août | 980,340 | 980,589 | 980,498 | 980,557 | + 32 | — 59 |
| St-Vincent-Prapatin | 5.45,5 | 44.10,1 | 626 | 2 » | ,362 | ,555 | ,485 | ,554 | + 1 | — 69 |
| Sisteron | 5.56,7 | 44.10,7 | 500 | 2 » | ,379 | ,533 | ,477 | ,555 | — 21 | — 78 |
| Bayons | 6.10,8 | 44.20,6 | 880 | 2 » | ,305 | ,576 | ,477 | ,570 | + 6 | — 93 |
| St-Martin | 6.16,1 | 44.23,5 | 933 | 3 » | ,294 | ,582 | ,476 | ,574 | + 7 | — 98 |
| Couloubroux | 6.24,4 | 44.18,6 | 1295 | 3 » | ,208 | ,608 | ,461 | ,567 | + 41 | —105 |
| Tanaron | 6.15,8 | 44.11,3 | 749 | 3 » | ,322 | ,553 | ,468 | ,556 | — 2 | — 87 |
| Entrages | 6.16,7 | 44. 3,5 | 734 | 4 » | ,325 | ,551 | ,468 | ,544 | + 7 | — 76 |
| Les Mées | 5.58,9 | 44. 1,7 | 410 | 4 » | ,392 | ,518 | ,472 | ,541 | — 23 | — 69 |
| Oraison | 5.55,0 | 43.54,9 | 362 | 4 » | ,395 | ,507 | ,466 | ,531 | — 24 | — 65 |
| La Begude | 6. 8,1 | 43.55,3 | 474 | 4 » | ,366 | ,512 | ,458 | ,532 | — 20 | — 73 |
| Barrême | 6.22,2 | 43.57,0 | 720 | 4 » | ,328 | ,550 | ,469 | ,534 | + 15 | — 65 |
| Castellane | 6.30,8 | 43.50,9 | 721 | 5 » | ,334 | ,556 | ,475 | ,525 | + 31 | — 50 |
| St-André-les-Alpes | 6.31,3 | 43.58,7 | 922 | 5 » | ,277 | ,561 | ,457 | ,537 | + 24 | — 80 |
| Beauvezer | 6.35,7 | 44. 8,8 | 1163 | 5 » | ,226 | ,585 | ,453 | ,552 | + 33 | — 99 |
| Allos | 6.37,9 | 44.14,3 | 1398 | 5 » | ,182 | ,614 | ,455 | ,560 | + 53 | —105 |
| Col d'Allos | 6.35,7 | 44.18,0 | 2228 | 5 » | ,028 | ,687 | ,715 | ,463 | +149 | —102 |
| Barcelonnette | 6.38,7 | 44.23,0 | 1133 | 6 » | ,234 | ,583 | ,455 | ,573 | + 9 | —118 |
| Col de Cayolle | 6.44,5 | 44.15,8 | 2272 | 6 » | ,018 | ,719 | ,462 | ,563 | + 15 | —101 |
| Guillaumes | 6.51,2 | 44. 5,4 | 790 | 7 » | ,297 | ,541 | ,452 | ,547 | — 6 | — 95 |
| Entrevaux | 6.48,7 | 43.56,8 | 483 | 7 » | ,348 | ,497 | ,443 | ,534 | — 37 | — 91 |
| Touët Notre-Dame | 6.59,4 | 43.56,9 | 338 | 7 » | ,372 | ,476 | ,438 | ,534 | — 58 | — 96 |
| Le Giaudan | 7.12,1 | 43.52,1 | 160 | 7 » | ,435 | ,485 | ,467 | ,527 | — 42 | — 60 |
| La Gaude | 7. 9,6 | 43.44,0 | 268 | – » | ,451 | ,534 | ,504 | ,515 | + 19 | — 11 |
| Nice | 7.18,0 | 43.43,7 | – | 8 » | ,434 | – | – | ,514 | – | – |
| Azurville | 7. 7,6 | 43.36,4 | 7 | 10 » | ,515 | ,517 | ,517 | ,513 | + 14 | + 13 |
| Théoule | 6 57,0 | 43.30,1 | 10 | 10 » | ,522 | ,525 | ,524 | ,494 | + 31 | + 30 |
| Mont-Vinaigre | 6.50,1 | 43.30,5 | 374 | 11 » | ,432 | ,548 | ,505 | ,494 | + 53 | + 11 |
| St-Vallier | 6.51,2 | 43.41,8 | 720 | 11 » | ,354 | ,583 | ,495 | ,512 | + 71 | — 17 |
| Col de La-Sine | 6.51,3 | 43.46,0 | 1107 | 11 » | ,261 | ,602 | ,477 | ,518 | + 84 | — 40 |
| Col du Val-Ferrières | 6.43,9 | 43.44,9 | 1178 | 12 » | ,254 | ,617 | ,484 | ,516 | + 91 | — 32 |
| Bourigaille | 6.41,2 | 43.39,4 | 605 | 12 » | ,366 | ,553 | ,484 | ,508 | + 45 | — 23 |
| Bagnols | 6.42,0 | 43.32,2 | 285 | 12 » | ,441 | ,529 | ,496 | ,497 | + 31 | — 1 |
| Roquebrune | 6.37,9 | 43.26,2 | 66 | 13 » | ,490 | ,511 | ,503 | ,488 | + 22 | + 14 |
| Les Fées | 6.13,3 | 43.26,6 | 182 | 14 » | ,457 | ,513 | ,492 | ,489 | + 24 | + 3 |
| Brignoles | 6.34,8 | 43.24,6 | 210 | 14 » | ,446 | ,511 | ,487 | ,486 | + 25 | + 1 |
| Brue | 5.56,6 | 43.31,6 | 264 | 14 » | ,435 | ,517 | ,487 | ,496 | + 20 | — 9 |
| La Verdière | 5.56,3 | 43.38,1 | 441 | 14 » | ,395 | ,531 | ,481 | ,506 | + 25 | — 24 |
| St-Pierre | 5.54,7 | 43.41,7 | 442 | 14 » | ,400 | ,537 | ,487 | ,511 | + 25 | — 24 |
| Gréoux-Phéline | 5.53,1 | 43.43,5 | 365 | 14 » | ,412 | ,525 | ,484 | ,514 | + 10 | — 30 |
| Gréoux-les-Bains | 5.53,0 | 43.45,6 | 341 | 15 » | ,419 | ,524 | ,485 | ,517 | + 6 | — 32 |
| Laval | 5.53,0 | 43.46,3 | 354 | 15 » | ,411 | ,520 | ,480 | ,518 | + 2 | — 38 |
| Vinon | 5.49,0 | 43.43,8 | 283 | 19 » | ,430 | ,517 | ,485 | ,514 | + 3 | — 29 |
| Vinon-St-Julien | 5.51,7 | 43.42,7 | 328 | 19 » | ,424 | ,525 | ,488 | ,513 | + 12 | — 24 |
| Pont de Mirabeau | 5.40,0 | 43.41,5 | 242 | 19 » | ,443 | ,517 | ,490 | ,511 | + 6 | — 21 |
| Villelaure | 5.26,7 | 43.42,5 | 190 | 20 » | ,451 | ,510 | ,488 | ,513 | — 3 | — 24 |
| Merindol | 5.10,7 | 43.45,4 | 117 | 20 » | ,491 | ,527 | ,514 | ,517 | + 10 | — 3 |
| Eyguières | 5. 1,7 | 43.42,0 | 103 | 20 » | ,489 | ,521 | ,510 | ,512 | + 9 | — 2 |
| St-Rémy | 4.50,4 | 43.47,0 | 106 | 21 » | ,503 | ,536 | ,524 | ,519 | + 16 | + 4 |

M. **Louis Lapicque** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier dans la *Bibliothèque de Philosophie scientifique* sous le titre *La Machine nerveuse*.

## CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Faune de France. 42. *Psocoptères*, par André Badonnel (présenté par M. L. Bouvier).

2° René Jeannel. *La Genèse des Faunes terrestres. Éléments de Biogéographie* (présenté par M. L. Fage).

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur certaines variétés cubiques rationnelles sans point double.* Note de M. **Luc Gauthier**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans $S_{2n+1}$ la variété $V_{2n}^3$ qui contient deux $S_n$ sans point commun est généralement dépourvue de point double et peut être représentée birationnellement sur $S_{2n}$, les sections hyperplanes correspondant à des variétés d'ordre quatre. Plus généralement les $V_{2n}^3$ de $S_{2n+1}$ contenant des variétés $V_n^{n+2}$ ou bien $V_n^{2n+1}$, ou enfin $V_n^{2n}$ obtenues comme intersections de la variété $V_{n+1}^{n+1}$ de Segre avec une $V_{2n}^2$ qui passe respectivement par une $V_n^n$ ou un $S_n$ ou enfin deux $S_n$ de cette variété de Segre, sont rationnelles sans avoir de point double. Mais ce ne sont pas les $V_{2n}^3$ les plus générales, sauf pour $n=1$.

Le cas particulier $n=2$ pour lequel les $V_n^{n+2}$ et les $V_n^{2n}$ se confondent en les $F_2^4$ réglées a été examiné par Morin (*Rend. Sem. Mat. Padova*, 1940, p. 108) qui considère $V_4^3$ contenant $F_2^4$ comme générale. La démonstration donnée n'est pas valable : Les $V_4^3$ de $S_5$ peuvent être représentées par les points de $S_{55}$ et celles d'entre elles qui contiennent une $F_2^4$ donnée, par les points d'un $S_{27}$ qui décrit quand $F_2^4$ varie un système algébrique irréductible $\Phi$ de dimension 29. Par un point du lieu $W_{55-\lambda}$ de ces $S_{27}$, qui se coupent éventuellement suivant un $S_\rho$, passent $\infty^{\lambda+1}$ $S_{27}$ qui décrivent, lorsque le point varie dans un $\overline{S_{27}}$ fixe, un système $\varphi_{27+\lambda+1-\rho}$ contenu dans $\Phi_{29}$. D'où résulte $\lambda \leqq \rho+1$. Le cas $\lambda=1, \rho=0$ s'élimine parce que $\varphi$ s'identifierait avec $\Phi$, alors qu'il existe (lemme 1) des $S_{27}$ sans point commun. Mais le lemme 2 exprime qu'il existe des $S_{27}$ ayant un seul point commun, et non que deux $S_{27}$ ayant un point commun ne peuvent en avoir d'autres. Le cas $\rho > 0$ n'est pas écarté et effectivement le résultat de Morin, $\lambda=0$, $\rho=0$, doit être remplacé par $\lambda=1$, $\rho=9$.

On peut en effet démontrer que $V_4^3$ ne contient généralement pas de surface $F_2^4$, car si elle en contient une, elle en contient $\infty^2$ et non $\infty^1$. J'ai été conduit à ce résultat en remarquant que les $V_4^3$ contenant deux plans contiennent $\infty^2 F_2^4$ dégénérées chacune en un couple de quadriques.

2. Une $V_3^3$ de Segre est coupée par une $V_4^2$ ayant en commun avec elle deux

plans ou une $V_2^2$ suivant une $F_2^4$ $(1, t, t^2, \rho, \rho t, \rho t^2)$ dont la congruence des cordes est donc linéaire. Réciproquement, par $F_2^4$ passent, outre la $V_3^3$ lieu des plans de ses coniques, $\infty^3 V_3^3$ de Segre

$$\frac{x_3-\lambda x_2}{x_2-\lambda x_1}=\frac{x_5-\mu x_2}{x_4-\mu x_1}=\frac{x_6-\nu x_2}{x_5-\nu x_1},$$

parmi lesquelles figurent les $\infty^2$ cônes projetant $F_2^4$ d'un de ses points. Deux quelconques de ces $V_3^3$ sont toujours sur une même $V_4^2$ qui en contient alors $\infty^1$.

Une $V_3^3$ est coupée par une $V_4^2$ ayant avec elle un plan commun suivant une $F_2^5$ dont la congruence des cordes est donc linéaire, représentée rationnellement sur le plan par

$$x(y-1),\quad x^2(y-1),\quad xy(y-1),\quad y(x-1),\quad xy(x-1),\quad y^2(x-1).$$

Par elle passent 5 $V_3^3$ de Segre situées deux à deux sur une même $V_4^2$

$$\frac{x_4}{x_1}=\frac{x_5}{x_2}=\frac{x_6}{x_3},\qquad \frac{x_3}{x_2}=\frac{x_6}{x_5}=\frac{x_4}{x_1-x_2+x_5},\qquad \frac{x_3}{x_1}=\frac{x_6}{x_4}=\frac{x_5}{x_5-x_2+x_1},$$
$$\frac{x_2}{x_1}=\frac{x_5}{x_4}=\frac{x_3}{x_3-x_6+x_4},\qquad \frac{x_3}{x_5}=\frac{x_1}{x_1-x_2+x_5}=\frac{x_3-x_6+x_4}{x_4}.$$

Une quadrique $V_4^2$ ayant une droite double D contient deux systèmes de $S_3$ passant par D. Toute $V_4^2$ passant par un tel $S_3$ la recoupe suivant une $V_3^3$ de Segre, ce qui définit deux systèmes $\infty^3$ de $V_3^3$. Toute $V_3^3$ est coupée par les $S_3$ d'un système suivant un $S_2$, par les $S_3$ de l'autre système suivant une $V_2^2$. Deux $V_3^3$ de même système se coupent suivant une $F_2^4$. Deux $V_3^3$ de système différent suivant une $F_2^5$. Toute $F_2^4$ est coupée par tout $S_3$ d'un système suivant une génératrice rectiligne et par tout $S_3$ de l'autre système suivant une cubique gauche bisécante à D. Toute $F_2^5$ est coupée par les $S_3$ de l'un ou l'autre système suivant D et une conique unisécante à D.

Sur une $V_3^3$ se trouvent simultanément des $F_2^4$ et des $F_2^5$, coupées par les génératrices de $V_3^3$ en un seul point chacune et représentées ainsi birationnellement sur un plan de $V_3^3$. Les sections par les plans de $V_3^3$ sont représentées, pour $F_2^4$, par les tangentes à une enveloppe de seconde classe, et pour $F_2^5$ par les coniques du faisceau $x(y-1)+\lambda y(x-1)=0$ : L'intersection de $F_2^4$ et de $F_2^5$ est une courbe d'ordre 7 de genre 2 représentée sur le plan par une quintique ayant X(100), Y(010), Z(001), U(111) doubles. Il en résulte que deux $F_2^4$ de système différent ont dix points communs.

Si $V_4^3$ contient $F_2^4$, une quelconque des $\infty^3 V_3^3$ passant par $F_2^4$ recoupe $V_4^3$ suivant une $F_2^5$ résiduelle. Une des quatre autres $V_3^3$ passant par $F_2^5$ recoupe $V_4^3$ suivant une $F_2'^4$ corésiduelle de la proposée. Les deux $V_3^3$ passant par $F_2^5$ sont sur une même $V_4^2$ qui contient alors $\infty^1 V_3^3$ passant par $F_2^4$ et $\infty^1 V_3^3$ passant par $F_2'^4$. Ces $V_3^3$ sont de système différent et se coupent deux à deux suivant des $F_2^5$ ayant avec $V_4^3$ en commun les deux $C_7$ communes avec $F_2^4 F_2'^4$ respectivement et la droite double de $V_4^2$. On peut donc mettre ces deux faisceaux

de $V_3^3$ en homographie de façon que la $F_2^5$ commune décrive l'intersection de $V_4^2$ avec $V_4^3$, de sorte que $F_2^4$ et $F_2'^4$ ont $\infty^1 F_2^5$ résiduelles communes.

Les $\infty^3 V_3^3$ passant par $F_2^4$ définissent $\infty^2 F_2'^4$ distinctes, car pour qu'il n'y en ait que $\infty^1$, il faudrait que par deux $F_2^4$ corésiduelles passent $\infty^1 V_4^2$ ayant pour droites doubles des cordes communes à ces surfaces. Par une corde de $F_2^4$ prise comme droite double, ne passe qu'une seule $V_4^2$ contenant $F_2^4$; les $\infty^1$ droites doubles devant être distinctes, les $\infty^1 V_4^2$ feraient partie d'un réseau. Mais deux $F_2^4$ bases d'un réseau de $V_4^2$ ont une courbe commune et non dix points.

Ainsi il y a sur $V_4^3$ au moins $\infty^2 F_2^4$. Il n'y en a pas plus car deux surfaces $F_2'^4 F_2''^4$ corésiduelles d'une même troisième $F_2^4$ sont corésiduelles entre elles. En effet, deux $V_3^3$ passant par $F_2^4 F_2'^4$ respectivement, et sécantes suivant $F_2^5$ résiduelle commune, sont coupées par $F_2''^4$ en $3 \times 4 = 12$ points chacune : pour la première, dix points sont sur $F_2^4$, donc deux sur $F_2^5$; pour la seconde, deux points sont sur $F_2^5$, donc dix sur $F_2'^4$. Par $F_2'^4$ et $F_2''^4$ qui ont dix points communs passe une $V_4^2$ et elles sont corésiduelles.

Si sur $V_4^3$ il y a deux $F_2^4$ ayant $n$ points communs $(1 \leqq n \leqq 9)$, cette $V_4^3$ contient deux systèmes $\infty^2$ de $F_2^4$ et deux systèmes $\infty^5$ de $F_2^5$ (¹).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'ensemble des fonctions sousharmoniques et l'ensemble des fonctions harmoniques dans un cercle.* Note de M. **F. Teissier du Cros**, présentée par M. Paul Montel.

*Fonctions sousharmoniques.* — Les fonctions sousharmoniques continues à l'intérieur d'un cercle C, de centre O, de rayon R, ont les propriétés suivantes :

1° Si $u$ et $v$ sont deux fonctions de cette espèce, $au + bv$ ($a$ et $b$ étant des constantes non négatives) est aussi une fonction de cette espèce. Autrement dit, ces fonctions ont la propriété de l'*additivité arithmétique*.

2° Soit $u(m)$ la valeur d'une de ces fonctions en un point $m$, pris dans un cercle $c$ complètement intérieur à C. Une *représentation conforme* de $c$ sur C transforme $m$ en M. La transformée de $u$ définie par $U(M) = u(m)$ est aussi une fonction de cette espèce.

3° Dans $c$, $u(m)$ *atteint sa borne supérieure sur la circonférence*.

Inversement, si l'on envisage l'*ensemble* des fonctions continues à l'intérieur de C, qui ont les trois propriétés précédentes (remplacer, dans 1° et 2°, l'expression *de cette espèce* par *de l'ensemble*), toute fonction de l'ensemble est sousharmonique.

En effet, soient $u(m)$ une fonction de l'ensemble, et $c$ un cercle complètement intérieur à C, de centre $e$. Une homothétie convenable transforme $c$ en C, $e$ en O, l'homologue de $m$ est M. Ensuite une rotation $R_j$ d'angle $2\pi j/p$

(¹) Pour $n = 2$, cf. G. Fano, *Comment. Math. Helvet.*, 1943, p. 71.

($p$ entier, $j = 1, 2, \ldots, p$) autour de O, amène M en $M_j = R_j(M)$. Posons

$$U(M) = u(m),$$

c'est une fonction de l'ensemble, et de même $U(M_j)$, considéré comme fonction de M,

$$V_p(M) = \frac{1}{p}[U(M_1) + U(M_2) + \ldots + U(M_p)],$$

est aussi une fonction de l'ensemble, qui est continue dans C et sur sa circonférence. Elle atteint sa borne supérieure au moins en un point de la circonférence, appelons-le $n_p$. Lorsque $p$ croît indéfiniment, $V_p(M)$ devient une intégrale prise sur la circonférence C′, de centre O et de rayon $R' = OM$,

$$\lim V_p(M) = \frac{1}{2\pi}\int_{C'} U(M)\, d\theta = V(R'),$$

$\theta$ désignant l'angle polaire au point O. Or $V_p(M)$ tend vers sa limite d'une manière uniforme, dans le cercle C contour compris. Donc $V_p(n_p) \to V(R)$ et l'inégalité $V_p(M) \leqq V_p(n_p)$ entraîne $V(R') \leqq V(R)$.

En particulier, pour $R' = 0$,

$$V(0) = U(O) \leqq \frac{1}{2\pi}\int_C U(M)\, d\theta$$

et par conséquent

$$u(e) \leqq \frac{1}{2\pi}\int_c u(m)\, d\theta',$$

$\theta'$ désignant l'angle polaire au point $e$, qui caractérise une *fonction sousharmonique*. On voit que *l'ensemble considéré est formé des fonctions sousharmoniques continues* à l'intérieur de C.

*Fonctions harmoniques.* — Dans l'énoncé de la première des propriétés indiquées au début de cette Note, remplaçons l'additivité arithmétique par l'*additivité algébrique*, mais conservons les propriétés 1° et 2°.

Le nouveau groupe de propriétés caractérise les *fonctions harmoniques* continues à l'intérieur de C, comme il est facile de voir.

J'ai prouvé qu'on obtient également les fonctions harmoniques, lorsqu'au lieu de la propriété 2°, on admet que l'ensemble est invariant vis-à-vis des transformations conformes de C sur lui-même, mais il m'a fallu, dans ce cas, supposer que les fonctions ont leurs dérivées du premier ordre continues à l'intérieur de C.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les représentations des équations d'ondes des particules à spins entiers.* Note de M. **Gérard Petiau.**

Suivant la théorie de M. L. de Broglie, le photon et le mésoton sont représentés par les solutions simultanées des deux équations de Dirac

$$(1)\qquad \Sigma_\mu\, \partial_\mu (\gamma^\mu)_{i_1 m_1} \Phi_{m_1 i_2} = \lambda \Phi_{i_1 i_2}; \qquad (2)\qquad \Sigma_\mu\, \partial_\mu (\gamma^\mu)_{i_2 m_2} \Phi_{i_1 m_2} = \Phi_{i_1 i_2}$$

avec

$$\gamma^\mu\gamma^\nu + \gamma^\nu\gamma^\mu = 2\,\delta_{\mu\nu}, \qquad \lambda = \frac{2\pi}{h} m_0 c,$$

et l'on passe de ce système à un système d'équations entre fonctions d'ondes tensorielles en posant $\Phi^A = \Sigma_{i_1 i_2}(R\gamma^A)_{i_2 i_1}\Phi_{i_1 i_2}$. L'étude de la transformation des $\Phi^A$, à partir de la substitution linéaire subie par les fonctions $\Phi_{i_1 i_2}$ dans une transformation de Lorentz des variables $x^\mu$, montre que la matrice R doit être déterminée par la relation

$$(\gamma^\mu\gamma^\nu)^+ = -R\gamma^\mu\gamma^\nu R^{-1} \qquad [(\gamma^A)^+_{ik} = (\gamma^A)_{ki}], \tag{3}$$

de telle sorte que $\Phi^0$ et $\Phi^5$ sont des invariants, $\Phi^\mu$ et $\Phi^{5\mu}$ des vecteurs et $\Phi^{\mu\nu}$ un tenseur antisymétrique du second ordre.

La relation (3) ne définit pas univoquement la matrice R, cette relation étant satisfaite pour les matrices $R_1$ et $R_2$ telles que $\gamma^{\mu+} = R_1\gamma^\mu R_1^{-1}$ et $\gamma^+_\mu = -R_2\gamma^\mu R_2^{-1}$. Il en résulte que $\gamma^{5+} = (\gamma^\mu\gamma^\nu\gamma^\rho\gamma^\sigma)^+ = R_1\gamma^5 R_1^{-1} = R_2\gamma^5 R_2^{-1}$ et l'on en déduit $R_2 = R_1\gamma^5$. Aux grandeurs tensorielles $\Phi^0$, $\Phi^\mu$, $\Phi^{\mu\nu}$, $\Phi^{5\mu}$, $\Phi^5$ définies par l'intermédiaire de $R_1$ correspondent les grandeurs $\Phi^5$, $\Phi^{5\mu}$, $\Phi^{\rho\sigma}$, $\Phi^\mu$, $\Phi^0$ définies par l'intermédiaire de $R_2$.

L'étude de la représentation des systèmes de 16 matrices dérivées d'un système de $\gamma^\mu$, soient $\gamma^A$, montre que l'on a

$$R_1^+ = -R_1, \qquad R_2^+ = -R_2.$$

On en conclut

$$(R_1\gamma^A)^+ = -\varepsilon_A(R_1\gamma^A); \qquad (R_2\gamma^A)^+ = -I_A^5\varepsilon_A(R_2\gamma^A);$$
$$(R_1\gamma^A\gamma^\mu)^+ = -\varepsilon_A I_A^\mu(R_1\gamma^A\gamma^\mu); \qquad (R_2\gamma^A\gamma^\mu)^+ = \varepsilon_A I_A^\mu I_A^5(R_2\gamma^A\gamma^\mu),$$

avec $\varepsilon_A = +1$ pour $\gamma^A = \gamma^0$, $\gamma^\mu$, $\gamma^5$, $\varepsilon^A = -1$ pour $\gamma^A = \gamma^{5\mu}$, $\gamma^{\mu\nu}$ et $I_A^B = \pm 1$ suivant que $\gamma^A\gamma^B = \pm\gamma^B\gamma^A$.

Désignant par $\Phi^{(s)}_{i_1 i_2}$ et $\Phi^{(a)}_{i_1 i_2}$ les parties symétriques et antisymétriques des fonctions d'ondes $\Phi_{i_1 i_2}$ et désignant par $\gamma^{\mu'}$ et $\gamma^{\mu''}$ les $\gamma^\mu$ tels que $I_A^{\mu'} = +1$; $I_A^{\mu''} = +1$, l'application de l'opérateur $\Sigma_{i_1 i_2}(R_1\gamma^A)_{i_1 i_2}$ aux équations (1) et (2) nous donne

$$\partial_{\mu'}\Sigma(R_1\gamma^{A\mu'})\Phi^{(a)} \pm \partial_{\mu''}\Sigma(R_1\gamma^{A\mu''})\Phi^{(s)} = \lambda\Sigma(R_1\gamma^A)\Phi^{(a)} \qquad (\text{pour } \varepsilon_A = +1),$$
$$\partial^{\mu'}\Sigma(R_1\gamma^{A\mu'})\Phi^{(s)} \pm \partial_{\mu''}\Sigma(R_1\gamma^{A\mu''})\Phi^{(a)} = \lambda\Sigma(R_1\gamma^A)\Phi^{(s)} \qquad (\text{pour } \varepsilon^A = -1),$$

les signes $\pm$ correspondant aux équations (1) et (2).

Par suite, si $\Phi_{i_1 i_2}$ se réduit soit à $\Phi^{(a)}_{i_1 i_2}$, soit à $\Phi^{(s)}_{i_1 i_2}$, les équations tensorielles déduites de l'un quelconque des systèmes (1) et (2) sont identiques, les deux types d'équations étant obtenus simultanément sans hypothèse relative à la symétrie de $\Phi_{i_1 i_2}$ en considérant la somme des équations (1) et (2).

De même l'application de l'opérateur $\Sigma_{i_1 i_2}(R_2\gamma^A)_{i_2 i_1}$ nous donne les systèmes

$$\partial_{\mu'}\Sigma(R_2\gamma^{A\mu'})\Phi^{(s)} \pm \partial_{\mu''}\Sigma(R_2\gamma^{A\mu''})\Phi^{(a)} = \lambda\Sigma(R_2\gamma^A)\Phi^{(a)} \qquad (\text{pour } \varepsilon^A = +1),$$
$$\partial^{\mu'}\Sigma(R_2\gamma^{A\mu'})\Phi^{(a)} \pm \partial_{\mu''}\Sigma(R_2\gamma^{A\mu''})\Phi^{(s)} = \pm\lambda\Sigma(R_2\gamma^A)\Phi^{(s)} \qquad (\text{pour } \varepsilon^A = -1).$$

Dans ce cas encore, si $\Phi^{i_1 i_2}$ se réduit à $\Phi^{(a)}_{i_1 i_2}$ ou $\Phi^{(s)}_{i_1 i_2}$, les équations tensorielles résultent d'une seule des équations (1) ou (2), tandis que les deux systèmes sont obtenus simultanément sans hypothèse de symétrie en considérant la somme des équations (1) et (2).

L'introduction des matrices $R_1$ et $R_2$ nous conduit donc aux systèmes tensoriels duals

$$\left\{\begin{array}{lllll} \partial_\nu \Phi^{5\mu} - \partial_\mu \Phi^{5\nu} = \lambda \Phi^{5\mu\nu}; & \Sigma_\nu \partial_\nu \Phi^{5\mu\nu} = \lambda \Phi^{5\mu}; & \Sigma_\mu \partial_\mu \Phi^{5\mu} = 0; & \Sigma_\nu \partial_\nu \Phi^{5\mu\nu*} = 0, & \\ \partial_\mu \Phi^{0} = \lambda \Phi^{\mu}; & \Sigma_\mu \partial_\mu \Phi^{\mu} = \lambda \Phi^{0}; & \partial_\mu \Phi^{\nu} - \partial_\nu \Phi^{\mu} = 0; & \partial_\mu \Phi^{5} = 0; & \lambda \Phi^{5} = 0, \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{lllll} \partial_\nu \Phi^{\mu} - \partial_\mu \Phi^{\nu} = \lambda \Phi^{\mu\nu}; & \Sigma_\nu \partial_\nu \Phi^{\mu\nu} = \lambda \Phi^{\mu}; & \Sigma_\mu \partial_\mu \Phi^{\mu} = 0; & \Sigma_\nu \partial_\nu \Phi^{\mu\nu*} = 0, & \\ \partial_\mu \Phi^{5} = \lambda \Phi^{5\mu}; & \Sigma_\mu \partial_\mu \Phi^{5\mu} = \lambda \Phi^{5}; & \partial_\mu \Phi^{5\nu} - \partial_\nu \Phi^{5\mu} = 0; & \partial_\mu \Phi^{0} = 0; & \lambda \Phi^{0} = 0. \end{array}\right.$$

La théorie du photon (ou du mésoton) de M. L. de Broglie conduit donc aux quatre systèmes tensoriels de la théorie de Kemmer.

Le procédé utilisé ici pour passer d'un système d'équations de Dirac simultanées à un système d'équations tensorielles s'étend à la théorie de Fierz des particules à spins entiers.

Nous avons montré que les solutions $\Phi^{(s)}_{i_1 i_2, \ldots, i_n}$, symétriques par rapport à tous leurs indices, de $2n$ équations de Dirac

$$\Sigma_\mu \partial_\mu (\gamma^\mu)_{i_r m_r} \Phi_{i_1, \ldots, m_r, \ldots, i_{2n}} = \lambda \Phi_{i_1, \ldots, i_r, \ldots, i_{2n}}, \tag{4}$$

étaient équivalentes aux systèmes d'équations tensorielles de Fierz en posant

$$\Phi^{A_1, A_2, \ldots, A_n} = \Sigma_{i_1 i_2, \ldots i_{2n}}, (R_1 \gamma^{A_1})_{i_1 i_2} (R_1 \gamma^{A_2})_{i_3 i_4}, \ldots, (R_1 \gamma^{A_n})_{i_{2n-1} i_{2n}} \Phi^{(s)}_{i_1, i_2, \ldots, i_{2n}}.$$

Les propriétés de symétrie des matrices $R_1 \gamma^{A_k}$, $R_2 \gamma^{A_k}$ nous permettent d'étendre cette représentation en considérant $n+1$ systèmes équivalents aux systèmes de Fierz, les tenseurs de chacun de ces systèmes étant définis par

$$\Phi^{A_1, \ldots, A_n}_{(k)} = \Sigma_{i_1, \ldots, i_{2n}} (R^1 \gamma^{A_1})^{i_1 i_2} \ldots (R_1 \gamma^{A_k})_{i_{2k-1} i_{2k}} (R_2 \gamma^{A_{k+1}})_{i_{2k+1} i_{2k+2}} \ldots (R_2 \gamma^{A_n})_{i_{2n-1} i_{2n}} \Phi^{(s)}_{i_1, \ldots, i_{2n}}.$$

Cette multiplicité des représentations s'étend également à la théorie des spins quelconque de M. L. de Broglie, dans laquelle on considère l'ensemble des solutions des équations ($\varphi$) et non plus seulement les solutions symétriques, et à la théorie que j'ai développée précédemment dans laquelle on ne considère que l'équation obtenue en faisant la somme des équations d'espace temps correspondant aux équations (4).

MAGNÉTISME. — *Étude de la perméabilité d'un ferronickel sous tension.* Note [1] de M. **Maurice Bayen**, présentée par M. Aimé Cotton.

D'après les travaux de E. Preisach [2] qui ont suivi une première étude de Buckley et Mc Keehan [3], un fil de fer-nickel à 60 % de Ni, tendu suffisamment,

---

[1] Séance du 8 mars 1943.

[2] *Ann. d. Phys.*, 5e série, 3, 1929, p. 757; *Phys. Z.*, 33, 1932, p. 914.

[3] *Phys. Rev.*, 26, II, 1925, p. 261.

acquiert un cycle d'hystérésis rectangulaire. Comme l'ont montré K. Sixtus et L. Tonks ([4]), les changements d'aimantation y sont produits par le déplacement de la paroi de séparation entre deux phases aimantées en sens inverses dont la direction commune est celle de la tension appliquée. Il n'y a pas de phénomènes de rotation, et il n'existe qu'une seule catégorie de parois, au sens de F. Bloch ([5]). On se trouve dans des conditions particulièrement simples pour appliquer la théorie de l'hystérésis récemment proposée par L. Néel ([6]). Soient en effet l'aimantation à saturation $\mathcal{J}_s$, le champ coercitif $H_c$ et les coefficients $a$ et $b$ de la loi de lord Rayleigh, relative à l'aimantation commençante

$$\mathcal{J} = aH + bH^2,$$

loi qui représente également le lieu des cycles symétriques décrits autour de l'origine. Dans le cas qui nous intéresse ici, des formules (3) et (38) du mémoire de L. Néel, on déduit

$$\frac{b\mathcal{J}_s}{a^2} = \frac{2}{\pi\alpha\lambda^2}, \qquad \frac{bH_c}{a} = \frac{r}{\pi\lambda},$$

où $\lambda$ est une constante numérique égale ([7]) à 0,81; $r$ et $\alpha$ sont reliés par la relation $\int_2^\infty \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-p^2} dp = 0{,}4\alpha$.

On en déduit une relation entre $a$, $b$, $H_c$, que nous nous sommes proposé de vérifier en mesurant ces quantités pour différentes tensions.

*Méthode expérimentale.* — Notre étude a porté sur un fil de ferronickel de $5^{mm}$ de diamètre, de $2^m,50$ de longueur, contenant environ 55,8 % de nickel et 43,1 % de fer, le reste étant principalement constitué de manganèse, que nous avons recuit au rouge en y faisant passer un courant alternatif de plusieurs centaines d'ampères.

Ce fil était tendu suivant l'axe d'un solénoïde de $2^m$ de longueur qui servait à obtenir le champ magnétisant. La tension produite par une vis était déterminée en mesurant au cathétomètre la hauteur dont s'abaissait le milieu d'une portion bien définie du fil sous l'action d'un poids de $10^{kg}$. L'induction et le champ étaient déterminés par une méthode balistique. Le galvanomètre utilisé (Zernike à fil de quartz) avait une faible résistance intérieure, 10 ohms environ, et une grande résistance critique. En l'utilisant avec une résistance très inférieure à la résistance critique, il fonctionnait à peu près comme un fluxmètre. Il permettait de déterminer des variations d'induction avec une précision de 0,02 gauss et des variations de champ avec une précision de 0,0004 œrstedt.

---

([4]) *Phys. Rev.*, **37**, 1931, p. 930.

([5]) *Z. Phys.*, **74**, 1932, p. 295.

([6]) *Cahiers de Physique*, 1942, n° **12**, p. 1; 1943, n° **13**, p. 18.

([7]) Dans le Mémoire de L. Néel, un facteur $\sqrt{2}:2$ ayant été omis, cette constante est indiquée égale à 1,14; il faut lire 0,81.

*Détermination de a.* — Le fil étant désaimanté. Nous établissions des champs variant entre 0,03 et 0,20 œrstedt. Le balistique étalonné nous permettait d'en déduire les valeurs correspondantes de l'intensité d'aimantation I. Pour des valeurs assez petites de H, le second terme en $H^2$ était négligeable. J/H nous donnait $a$.

*Détermination de b.* — Le galvanomètre très amorti nous permet d'obtenir directement $b$.

Supposons en effet qu'après avoir décrit plusieurs cycles d'amplitude assez faible pour que les formules de lord Rayleigh soient applicables, nous nous retrouvions dans un champ nul. Établissons un champ $H_0$, puis supprimons-le, presque instantanément.

L'intensité d'aimantation subit une variation égale au double de l'intensité rémanente, donc égale à $bH_0^2$.

A cause du grand amortissement, le galvanomètre suit les variations de flux. Le spot subit une déviation proportionnelle à $bH_0^2$.

*Cycles d'hystérèse.* — Le tracé du cycle permet de déterminer l'aimantation rémanente $\mathcal{J}_2$, l'aimantation à saturation $\mathcal{J}_s$, le champ coercitif $H_e$.

*Résultats.* — L'étude de $b$ a montré que le nombre $b$ obtenu par la méthode ci-dessus n'est constant à 10 % près que si le champ magnétisant ne dépasse pas le dixième du champ coercitif. Ce nombre $b$ est indépendant de la tension. Ces chiffres fixent dans notre cas la limite d'application des lois de Rayleigh.

Dans le tableau ci-dessous nous donnons en fonction de la tension exprimée en kilogrammes par millimètre carré, la valeur du champ coercitif $H_c$ en œrstedt; les valeurs de $a$ et $b$; les valeurs de $bH_c/a$ calculées d'après nos résultats expérimentaux, et celles de $bH_c/a$ calculées d'après la théorie de L. Néel à partir des valeurs de $bJ_s/a^2$.

L'accord entre la théorie et l'expérience est encourageant.

Nous donnons également la valeur de $\mathcal{J}_r$, intensité rémanente, qu'il peut être intéressant de joindre à $b$ et $H_c$.

| Tension | $H_c$ | $a$ | $b$ | $bH_c/a$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (kg/mm²). | (gauss). | (par cm³). | (par cm³). | obs. | calc. | $J_r$. |
| 0........ | 2,6 | 19,2 | 3,8 | 0,515 | 0,51 | 403 |
| 1,31..... | 2,6 | 19,2 | » | 0,515 | 0,51 | 460 |
| 5,80..... | 2,1 | 15,4 | » | 0,52 | 0,56 | 614 |
| 9,8...... | 1,8 | 10,8 | » | 0,63 | 0,63 | 748 |
| 13,8..... | 1,5 | 7,9 | » | 0,72 | 0,69 | 814 |
| 16,9..... | 1,2 | 6,4 | » | 0,71 | 0,73 | 833 |
| 25,1...... | 0,96 | 4,0 | » | 0,91 | 0,82 | 929 |
| 31,7...... | 0,81 | 3,5 | » | 0,88 | 0,84 | 949 |
| 42,0...... | 0,74 | 3,2 | » | 0,88 | 0,86 | 949 |
| 45,5...... | 0,74 | 2,8 | » | 1,00 | 0,89 | 949 |
| 54,6...... | 0,74 | 2,8 | » | 1,00 | 0,89 | 949 |

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la conductibilité électrique du système thorine-cérine.* Note [1] de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avions étudié la conductibilité électrique de la thorine $ThO^2$ [2] et celle de la cérine $CeO^2$ [3]; étant donnée l'importance industrielle des mélanges thorine-cérine, soit dans la fabrication des manchons luminescents, soit comme catalyseurs, nous avons jugé utile d'étendre nos mesures à ces mélanges.

Le mode opératoire est le même que précédemment. On utilise des mélanges préparés à partir de solutions aqueuses contenant des proportions déterminées de nitrate de thorium et de sulfate cérique purs. Les éprouvettes cylindriques de mesures, de $1^{cm}$ de diamètre et de 2 à $3^{cm}$ de hauteur, sont portées préalablement à 1800°C, elles subissent, sans perte de poids importante, un retrait linéaire moyen de 3 à 4 %.

La densité apparente des échantillons décroît régulièrement en fonction de la composition depuis 7,7 (thorine) jusqu'à 5,0 (cérine). De même la densité vraie des différents mélanges diminue continuellement de 10,2 (thorine) à 7,3 (cérine). Par suite la porosité des échantillons prend des valeurs comprises entre 25 % (thorine) et 31,5 % (cérine).

Les mesures de conductibilité sont effectuées, comme il a été indiqué précédemment [2], [3], en plaçant les éprouvettes entre des électrodes de platine, et en mesurant l'intensité du courant qui les traverse sous une différence de potentiel de 3 à 220 V.

La thorine et la cérine sont isomorphes, elles cristallisent toutes deux dans le système cubique (type fluorine); leur volume moléculaire est très voisin, 25,8 (thorine) et 23,6 (cérine). Par l'emploi des rayons X, L. Passerini [4] a montré que la thorine et la cérine syncristallisent en toutes proportions.

Les résultats suivants ont été obtenus en atmosphère d'oxygène, d'azote et d'hydrogène (sous une pression de $760^{mm}$ de mercure) à 800°C et 1200°C.

Les résistivités mesurées dans l'air sont intermédiaires entre celles obtenues dans l'oxygène et l'azote. Les résultats obtenus dans le gaz carbonique sont voisins de ceux trouvés dans l'azote; dans le vide les résistivités sont sensiblement plus faibles, surtout à 1200°, mais la variation du phénomène en fonction de la composition garde la même allure que dans l'azote.

Alors que la conductibilité d'un oxyde est généralement très augmentée par toute addition d'impureté, la conductibilité de la thorine, en atmosphère neutre ou oxydante, est diminuée par addition d'une petite quantité de cérine.

---

(1) Séance du 22 mars 1943.

(2) *Comptes rendus,* 215, 1942, p. 534.

(3) *Bull. Soc. Chim.,* 10, 1943, (sous presse).

(4) *Gazz. Chim. Ital.,* 60, 1930, p. 762.

On constate ainsi *un maximum de la résistivité* pour une faible teneur en cérine. En atmosphère neutre (azote, vide) ce maximum a lieu pour la composition $99\,ThO^2-1\,CeO^2$, en milieu oxydant ($O^2$, air) il est très étalé et a sensiblement la même valeur pour les compositions $99\,ThO^2-1\,CeO^2$ et $98\,ThO^2-2\,CeO^2$. En atmosphère réductrice ($H^2$), il n'y a *pas de maximum de la résistivité;* celle-ci diminue rapidement lorsque la teneur en cérine augmente.

| Composition (molécules) | | Résistivités en ohms-cm. 800° C. | | | Résistivités en ohms-cm. 1200° C. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $ThO^2$. | $CeO^2$. | $O^2$. | $N^2$. | $H^2$. | $O^2$. | $N^2$. | $H^2$. |
| 100 | 0 | 800 000 | 2 800 000 | 32 000 000 | 15 000 | 42 000 | 100 000 |
| 99,5 | 0,5 | 1 200 000 | 4 500 000 | 6 000 000 | 25 000 | 60 000 | 25 000 |
| 99 | 1 | 1 800 000 | 6 200 000 | 2 000 000 | 32 000 | 80 000 | 10 000 |
| 98 | 2 | 2 000 000 | 5 500 000 | 600 000 | 32 000 | 70 000 | 4 000 |
| 95 | 5 | 1 700 000 | 4 500 000 | 200 000 | 28 000 | 60 000 | 2 000 |
| 90 | 10 | 1 400 000 | 3 500 000 | 60 000 | 25 000 | 40 000 | 800 |
| 80 | 20 | 1 100 000 | 2 000 000 | 25 000 | 17 000 | 22 000 | 400 |
| 70 | 30 | 700 000 | 900 000 | (*) | 10 000 | 8 000 | (*) |
| 60 | 40 | 500 000 | 400 000 | | 6 000 | 4 500 | |
| 50 | 50 | 400 000 | 300 000 | | 4 000 | 2 800 | |
| 40 | 60 | 200 000 | 150 000 | | 2 000 | 1 200 | |
| 30 | 70 | 130 000 | 70 000 | | 800 | 400 | |
| 20 | 80 | 80 000 | 35 000 | | 500 | 250 | |
| 10 | 90 | 65 000 | 28 000 | | 350 | 150 | |
| 5 | 95 | 55 000 | 25 000 | | 280 | 100 | |
| 1 | 99 | 50 000 | 22 000 | | 240 | 90 | |
| 0 | 100 | 65 000 | 22 000 | | 340 | 90 | |

(*) Réduction de la cérine.

La conductibilité de la cérine est assez peu affectée par addition de petites quantités de thorine. En milieu neutre la résistivité reste sensiblement constante, en atmosphère oxydante elle diminue légèrement.

Entre les compositions $99\,ThO^2-1\,CeO^2$ et $1\,ThO^2-99\,CeO^2$, la résistivité des mélanges thorine-cérine diminue pour des teneurs en cérine croissantes. On note cependant une valeur relativement élevée de la résistivité du mélange $50\,ThO^2-50\,CeO^2$.

Le rapport des résistivités, en milieux oxydant et neutre, des différents échantillons est d'autant plus grand que la proportion de cérine est plus forte. La résistivité est plus petite en milieu oxydant qu'en milieu neutre pour la thorine et les mélanges riches en thorine; elle est au contraire supérieure en atmosphère oxydante pour la cérine et les échantillons contenant de fortes proportions de cérine.

Le système thorine-cérine présente un maximum de résistivité pour une composition qui est sensiblement celle du manchon luminescent Auer (environ 1 % $CeO^2$). Ce rapport thorine-cérine est également le plus favorable

à la catalyse de certaines réactions gazeuses ([5]) : combinaison de l'hydrogène ou de l'oxyde de carbone avec l'oxygène, par exemple. Cette action catalytique paraît devoir être attribuée tout d'abord à la très grande facilité avec laquelle les deux oxydes sont susceptibles de céder et de reprendre de faibles quantités d'oxygène. D'autre part, le rôle de promoteur de catalyse joué par la cérine s'expliquerait par la différence des comportements de cet oxyde et de la thorine dans les divers milieux gazeux : La thorine prenant facilement un léger excès d'oxygène et n'étant pas réductible, la cérine, au contraire, pouvant être légèrement dissociée ou partiellement réduite ([2]), ([3]).

CHIMIE DES COMBUSTIBLES. — *Sur la dissolution fractionnée des combustibles solides.* Note de M<sup>lle</sup> **Marthe Cassel**.

La séparation des constituants chimiques du lignite est basée sur sa mise en solution par différents groupes de solvants. La partie *bitumineuse* est extraite par des liquides organiques; le mélange à volumes égaux de benzène et d'alcool éthylique est considéré comme l'un des meilleurs solvants et a été choisi pour l'extraction du mélange de cire et de résine qui constitue le bitume.

Nous nous sommes proposé de comparer l'action de solvants non encore employés, et cela dans diverses conditions de milieux.

Nous avons d'abord étudié l'extraction des lignites, et en particulier des lignites jeunes, par une série de liquides organiques purs.

Nous avons opéré avec chaque solvant par extractions successives : chaque opération a été faite au soxhlet pendant 8 heures consécutives, le nombre des opérations successives a atteint parfois 7.

Le lignite jeune, très humique, d'Hostens fournit les résultats suivants, exprimés en % par rapport au lignite brut utilisé :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alcool méthylique | 5,2 % | Alcool benzène | 4 % |
| » éthylique | 0,6 | Méthylal | 2,1 |
| » amylique | 7,2 | Dioxane | 5,2 |

Ceci met en valeur les propriétés dissolvantes de l'alcool amylique. Nous avons constaté, en outre, que la fraction de lignite soluble dans les liquides organiques n'est pas susceptible d'une limite nette, et les extractions poursuivies longtemps ne l'ont pas atteinte. De plus, des irrégularités parfois constatées après les interruptions du traitement semblent montrer que l'oxydation produite par l'air augmente la solubilité. A moins qu'il ne s'agisse d'un *vieillissement* de l'échantillon, et peut-être d'une exsudation de produits bitumineux, parfois observée après refroidissement.

([5]) H. Copaux, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 1397.

Nous avons alors traité par l'alcool amylique d'autres combustibles solides. Les extractions n'ayant été faites que deux jours de suite pour certains lignites et houilles utilisés, nous ne donnerons les taux d'extraction que pour deux jours de traitement afin de rendre tous nos chiffres comparables.

On obtient pour les lignites

Hostens, 4 %; Sigonce, 2,2 %; Valdonne, 3,4 % de bitume,

et pour les houilles

Houille flambante (Blanzy), 0,5 %; Houille anthraciteuse, 0,9 %.

Nous avons ensuite procédé à des traitements de lignites par des solvants organiques additionnés d'une faible partie d'acide chlorhydrique aqueux (5 % en volume, à 23° Bé), dans l'espoir de provoquer les dégradations qui ont été utilisées pour la mise en solution de lignite.

Sur le lignite jeune d'Hostens on obtient les solubilisations suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Alcool méthylique + 5 % HCl aq. | 28,1 % | Alcool amylique + 5 % HCl aq. | 64,5 % |
| » éthylique + 5 % HCl aq. | 14,4 | Bioxane + 5 % HCl aq. | 41,3 |

Ici encore, nous avons constaté que l'extraction se poursuivait longtemps sans atteindre nettement une limite.

En comparant les extractions faites *en deux jours* par l'alcool amylique + 5 % d'acide chlorhydrique sur différents lignites et houilles, nous obtenons les résultats suivants :

| Lignite. | | Houille. | |
|---|---|---|---|
| Hostens | 45,5 % | Houille flambante (Blanzy) | 4,5 % |
| Montcombron | 22,2 | » anthraciteuse | 5,2 |
| Sigonce | 17,9 | » à gaz | 4,1 |
| Valdonne | 16,5 | | |

Il résulte des résultats précédents que l'addition d'une faible partie d'acide chlorhydrique augmente considérablement la dissolution. En particulier nous arrivons, avec l'alcool amylique chlorhydrique, à dissoudre plus de la moitié du lignite (pour le lignite jeune), fraction voisine de celle qu'entraîne la soude concentrée.

En résumé, l'action de l'alcool-benzène, considéré auparavant comme le meilleur agent d'extraction du bitume, est surpassée par d'autres solvants, l'alcool amylique par exemple.

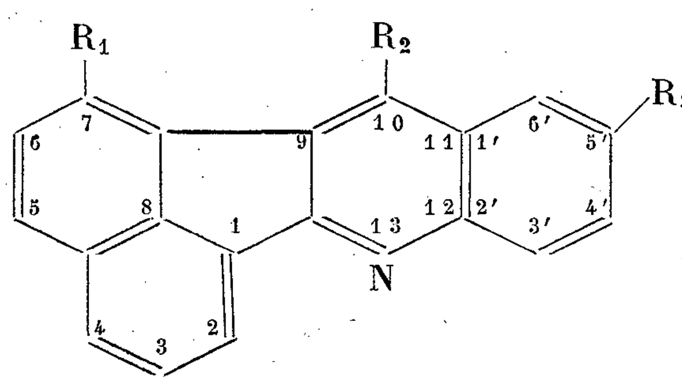
L'extraction du bitume est modifiée, soit par oxydation à l'air, soit par une évolution du lignite. Celui-ci doit donc être traité sous gaz inerte et de façon continue pour éviter les irrégularités d'extraction.

Les différents taux d'extraction obtenus avec les solvants chlorhydriques, agissant sur les lignites jeunes, les lignites évolués et les houilles, permet de distinguer ces trois groupes de combustibles.

D'autre part les solvants organiques chlorhydriques dissolvent une forte partie des lignites, dans des proportions analogues à celles observées dans le cas des alcalis. Nous avons ainsi une nouvelle méthode de solubilisation des lignites; elle agit par un processus de dégradation certainement différent de celui de la méthode aux alcalis, méthode uniquement utilisée jusqu'ici pour la mise en solution de la partie humique (dite acides humiques). L'étude de ce procédé est donc susceptible de nous fournir des renseignements nouveaux sur la nature des *acides humiques* en nous les présentant sous un autre aspect.

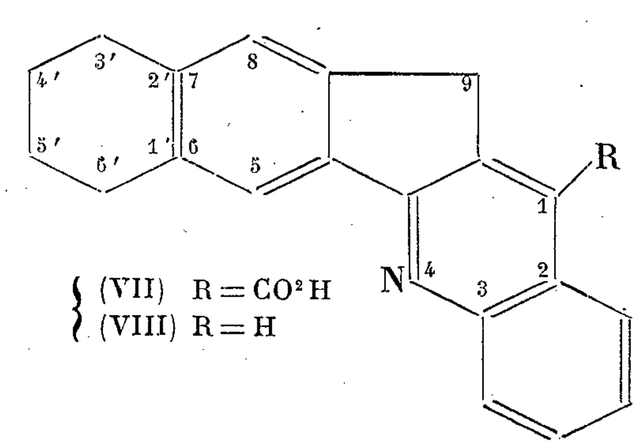
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux hétérocycles azotés condensés*. Note de MM. **Buu-Hoï** et **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré ([1]) le parti qu'on peut tirer de la réaction de l'isatine sur les cyclanones en milieu alcalin pour la synthèse d'hétérocycles azotés condensés. Depuis nous avons étendu nos recherches à un grand nombre de cétones tricycliques, et obtenu des hétérocycles fort peu connus jusqu'ici. Avec l'acénaphténone et l'isatine, nous avons préparé l'acide benzo-11.12




(I) $R_1 = R_3 = H$ $R_2 = CO^2H$
(II) $R_1 = R_2 = R_3 = H$
(III) $R_1 = H$ $R_2 = CO^2H$ $R_3 = CH^3$
(IV) $R_1 = R_2 = H$ $R_3 = CH^3$
(V) $R_1 = CH^3$ $R_2 = CO^2H$ $R_3 = H$
(VI) $R_1 = CH^3.R_2 = R_3 = H$

(VII) $R = CO^2H$
(VIII) $R = H$

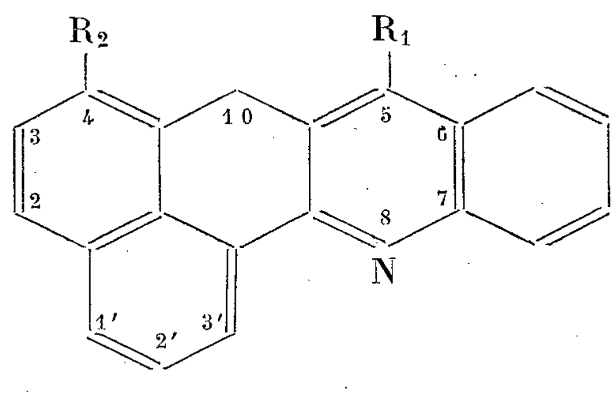



aza-13 fluoranthène-carboxylique-10 (I) ([2]), que la décarboxylation transforme en benzo-11.12 aza-13 fluoranthène (II); l'acénaphténone et la méthyl-5 isatine donnent l'acide méthyl-5′ benzo-11.12 aza-13 fluoranthène-carboxylique-10 (III), auquel correspond le méthyl-5′ benzo-11.12 aza-13 fluoranthène (IV); la méthyl-3 acénaphténone-1 et l'isatine donnent l'acide méthyl-7 benzo-11.12 aza-13 fluoranthène-carboxylique-10 (V), décarboxylé en méthyl-7 benzo-11.12 aza-13 fluoranthène (VI). La tétrahydro-3′.4′.5′.6′ benzo-5.6 indanone-1 de Darzens, et l'isatine ont donné l'acide tétrahydro-3′.4′.5′.6′ dibenzo-2.3.6.7 aza-4 fluorène-carboxylique-1 (VII), décarboxylé en tétrahydro-3′.4′.5′.6′ dibenzo-2.3.6.7 aza-4 fluorène (VIII). La phénalanone-7 et l'isatine ont donné l'acide benzo-6.7 aza-8 benzanthrène-carboxylique-5 (IX), décarboxylé en benzo-6.7 aza-8 benzanthrène (X); la même isatine donne avec la méthyl-1 phénalanone-7 l'acide

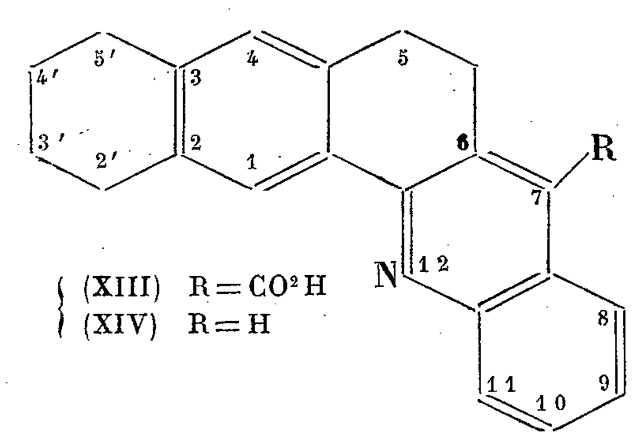
([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 144.

([2]) Déjà préparé par Benary (*Ber. d. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 1569).

méthyl-4 benzo-6.7 aza-8 benzanthrène-carboxylique-5 (XI), décarboxylé en méthyl-4 benzo-6.7 aza-8 benzanthrène, déjà connu de Robinson et

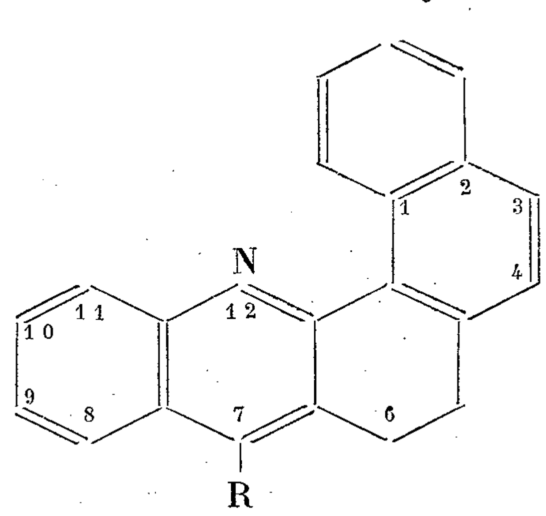


(IX) $R_1 = CO^2H$ $R_2 = H$
(X) $R_1 = R_2 = H$
(XI) $R_1 = CO^2H$ $R_2 = CH^3$
(XII) $R_1 = H$ $R_2 = CH^3$

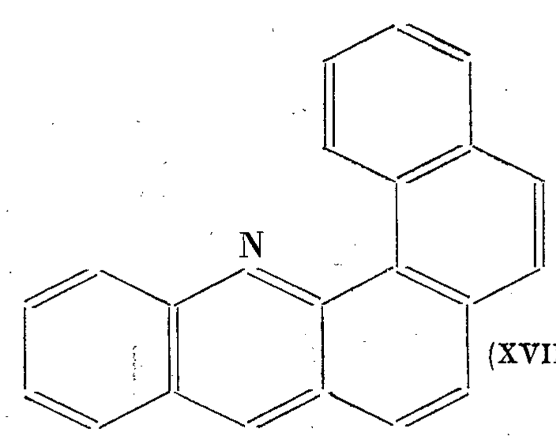


(XIII) $R = CO^2H$
(XIV) $R = H$

Klyne. Le céto-1 octahydro-1.2.3.4.5.6.7.8 anthracène et l'isatine donnent l'acide hexahydro-2'.3'.4'.5'.5.6 benzo-2.3 aza-12 tétraphène-carboxylique-7 (XIII), décarboxylé en hexahydro-2'.3'.4'.5'.5.6 benzo-2.3 aza-12 tétraphène (XIV). La tétanthrénone-4, bien connue, et l'isatine donnent l'acide dihydro-5.6 benzo-1.2 aza-12 tétraphène-carboxy-



(XV) $R = CO^2H$
(XVI) $R = H$



(XVII)

lique-7 (XV), décarboxylé en dihydro-5.6 benzo-1.2 aza-12 tétraphène (XVI). Ce dernier corps est aisément déshydrogéné par la litharge à chaud en benzo-1.2 aza-12 tétraphène (XVII). Tous les acides cinchoniniques obtenus sont très peu solubles dans la plupart des solvants organiques (nous les purifions par dissolutions dans une solution alcaline et reprécipitations sucessives), leur facile décomposition par la chaleur (pas de points de fusion nets) et le peu de solubilité des sels alcalins dans l'eau. Quant aux divers hétérocycles décarboxylés nouveaux décrits ici, ce sont des substances remarquablement bien cristallisées, en général très peu solubles dans l'alcool, distillant sans décomposition; leurs chlorhydrates et leurs picrates sont insolubles dans l'eau.

*Caractères principaux des corps nouveaux.* — (I) $C^{20}H^{11}O^2N$ aiguilles jaune clair, donnant un sel de K très peu soluble dans l'eau. (II) $C^{19}H^{11}N$ : $E_{1,5}$ 240-250°, aiguilles ou paillettes jaunâtres F 177° (de l'alcool), chlorhydrate jaune vif, picrate jaune insoluble dans l'alcool. (III) $C^{21}H^{13}O^2N$ aiguilles jaunâtres, sel de K très peu soluble dans l'eau. (IV) $C^{20}H^{13}N$ : $E_2 \sim 250°$, fines aiguilles F 169° (de l'alcool), chlorhydrate jaune vif, picrate jaune, insoluble dans l'alcool. (V) $C^{21}H^{13}O^2N$ poudre à peine jaunâtre. (VI)

$C^{20}H^{13}N : E_2 \sim 250°$, paillettes incolores F 172° (de l'alcool), chlorhydrate jaune vif, picrate en belles aiguilles jaune citron (de l'alcool). (VII) $C^{21}H^{17}O^2N$ poudre presque incolore. (VIII) $C^{20}H^{17}N : E_{2,5} \sim 280°$, belles paillettes irisées incolores (de l'alcool) F 188°, chlorhydrate jaune clair, se décomposant vers $t > 190°$, picrate en belles aiguilles jaunes. (IX) $C^{21}H^{13}O^2N$ poudre très faiblement colorée en jaune verdâtre. (X) $C^{20}H^{13}N : E_3 \sim 280°$, fines aiguilles incolores, brunissant à l'air, F 137° (de l'alcool); chlorhydrate jaune, picrate jaune orange insoluble dans l'alcool. (XI) $C^{22}H^{15}O^2N$ poudre faiblement jaunâtre. (XIII) $C^{22}H^{19}O^2N$ poudre sensiblement incolore. (XIV) $C^{21}H^{19}N$ beaux prismes incolores F 104° (de l'alcool où ils sont très solubles à chaud); chlorhydrate jaune canari F 170-172° (de l'alcool éthéré), picrate en belles aiguilles jaune d'or (de l'alcool). (XV) $C^{22}H^{15}O^2N$ poudre jaunâtre. (XVI) $C^{22}H^{15}N : E_4 \sim 310°$, fines aiguilles incolores F 187° (de l'alcool), chlorhydrate jaune orange, picrate jaune. (XVII) $C^{22}H^{13}N$ fines aiguilles faiblement jaunâtres F 202° (de l'alcool); chlorhydrate en fines aiguilles orange, picrate orangé clair.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de l'oxydation du méthane.* Note de M. **Étienne Audibert**, présentée par M. Georges Charpy.

En appliquant la méthode déjà décrite ([1]), qui permet d'éliminer l'effet des variations, impossibles à contrôler, de l'état de la paroi, nous avons étudié la transformation isotherme dont un mélange de méthane et d'oxygène est le siège quand, sous la pression atmosphérique, on le chauffe à une température comprise entre 300 et 700°, dans l'espace annulaire que limitent deux tubes coaxiaux en quartz, dont les diamètres diffèrent de $4^{mm}$ et qui sont recouverts de chlorure de sodium, le plus petit sur sa paroi externe, le plus grand sur sa paroi externe. Ce travail nous a donné les résultats suivants :

1° A toutes les températures comprises entre 300 et 700°, le méthane réagit sur l'oxygène. Les produits de la réaction sont la vapeur d'eau, l'oxyde de carbone, l'anhydride carbonique, le formol et l'hydrogène. Le formol ne se trouve parmi eux qu'en très petite quantité, mais il s'y trouve toujours; sa proportion est indépendante de la durée du chauffage auquel le mélange gazeux a été soumis, et, en principe, de l'ordre de quelques millièmes. La proportion de l'hydrogène est du même ordre; il peut toutefois arriver qu'elle soit nulle. La proportion de l'anhydride carbonique est une fonction régulièrement croissante de la durée du chauffage. Celle de l'oxyde de carbone enfin est une fonction de la durée du chauffage, qui va en croissant jusqu'à un maximum qu'elle atteint pour une valeur plus ou moins considérable de la variable, et qui décroît ensuite régulièrement.

([1]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 348.

2° La courbe qui représente, en fonction de la durée du chauffage, la proportion du méthane consommé, s'élève à partir de l'origine en tournant constamment sa concavité du côté de l'axe des temps.

3° Le rapport du méthane consommé à l'oxygène consommé est compris entre 0,5 et 1; il est d'autant plus voisin de l'unité que la durée du chauffage est moindre et que la température à laquelle le chauffage est effectué est plus basse.

4° Quand on caractérise le phénomène dont le mélange est le siège par la quantité de méthane consommée, on trouve qu'il obéit à la loi d'Arrhenius et que la chaleur d'activation qui lui correspond est voisine de 40000 cal. Quand au contraire on le caractérise par la quantité d'oxygène qu'il consomme, on trouve qu'il n'obéit pas à la loi d'Arrhenius : la chaleur d'activation qui lui correspond, voisine de 40000 cal. quand la température atteint ou dépasse 650°, varie en effet en sens inverse de la température pour les valeurs moindres de cette variable et atteint 50000 cal. à 625°.

5° L'ordre de la réaction par rapport au méthane est toujours égal à l'unité. Son ordre, par rapport à l'oxygène, est nul pour les faibles valeurs de la durée du chauffage, et augmente avec cette variable en tendant vers l'unité.

L'interprétation de ces résultats nous paraît devoir être la suivante :

1° Dans un espace réactionnel, dont les parois opposées sont écartées de $2^{mm}$ et constituées par du quartz recouvert de chlorure de sodium, l'oxydation du méthane débute par une réaction hétérogène. Ce caractère que présente son étape initiale est établi par le fait que l'état de la paroi exerce une influence considérable sur la cinétique de l'ensemble du phénomène, et confirmé par le fait, d'une part que l'ordre de la réaction par rapport à l'oxygène est nul pour les faibles durées de contact, d'autre part, que la chaleur d'activation de la réaction consommatrice de méthane est seulement de 40000 calories.

2° L'acte réactionnel initial, dont nous venons de dire qu'il est hétérogène, consomme des volumes égaux de méthane et d'oxygène.

3° Ce fait, la présence constante du formol parmi les produits du phénomène global et les probabilités thermodynamiques entraînent qu'il est producteur de formol et de vapeur d'eau, conformément à l'équation

$$CH^4 + O^2 = HCHO + H^2O. \qquad (1)$$

4° Puisque les produits du phénomène global ne contiennent jamais qu'une très faible proportion de formol, puisqu'on y trouve toujours de l'oxyde de carbone et à peu près toujours une petite quantité d'hydrogène, on doit admettre qu'une partie au moins du formol produit par la réaction (1) se dissocie en oxyde de carbone et en hydrogène, une autre partie pouvant d'ailleurs se transformer par oxydation directe en anhydride carbonique et en vapeur d'eau.

5° L'oxyde de carbone et l'hydrogène provenant de la dissociation du formol brûlent ensuite chacun pour son compte.

6° Parmi les différentes réactions dont il vient d'être question, celle que représente l'équation (1) ci-dessus est la seule qui consomme du méthane; la valeur de 40000 cal., calculée en ne tenant compte que du méthane consommé, mesure par conséquent sa chaleur d'activation propre. Elle est plus lente que les suivantes, au moins à partir d'une température de 650°, puisque au-dessus de cette limite la chaleur d'activation de l'ensemble du phénomène, calculée d'après la consommation d'oxygène, ne dépasse pas sensiblement 40000 cal.

7° Le fait que l'ordre de la réaction (1) par rapport à l'oxygène est nul pour les faibles durées de chauffage et croît avec cette variable, signifie que l'oxygène sature normalement la paroi du tube, et est progressivement déplacé dans la couche d'adsorption, au fur et à mesure du développement de la réaction, par l'un des produits auxquels celle-ci donne naissance, vraisemblablement par l'anhydride cabonique.

## MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la direction de l'aimantation terrestre.* Note de M. **Paul Rougerie**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans l'étude de l'aimantation terrestre, il y a intérêt, afin d'utiliser les observations anciennes du champ terrestre ou les valeurs reconstituées d'après l'aimantation actuelle des argiles ou des terres cuites (E. Thellier), de chercher à obtenir un aperçu général des propriétés magétiques du Globe à partir d'observations éparses. La constante magnétique locale G de L. A. Bauer satisfait déjà à ce point de vue (1).

D'après une remarque de J. Coulomb, on peut définir, au moyen des données d'une seule station, un pôle apparent, pôle Nord d'une aimantation terrestre uniforme reproduisant le champ observé. Ce pôle $P_m$ serait situé à une distance angulaire $\theta$ de la station telle que

$$\operatorname{cotg}\theta = 2 \operatorname{cotg} I,$$

I étant l'inclinaison magnétique mesurée. Sa détermination se réduit donc à la résolution d'un triangle sphérique dont on connaît deux côtés ($u$, colatitude géographique de la station et $\theta$, sa latitude magnétique) et l'angle compris (D, déclinaison magnétique en ce point).

Le calcul des coordonnées géographiques du pôle boréal apparent $P_m$, effectué pour chacune des stations de l'Année polaire internationale 1932-1933 précédemment utilisées, a permis de se rendre compte d'une certaine dispersion de ces pôles respectifs. Indiscutablement celle-ci n'apparaît pas due au hasard, car elle présente un groupement des traces par continent. On distingue ainsi sur le graphique représentatif six nuages de points dont voici les positions géographiques moyennes $\varphi_m$ et $\lambda_m$ :

(1) P. Rougerie, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 416.

| | | $\varphi_m$ | $\lambda_m$ |
|---|---|---|---|
| | | ° | ° |
| Europe | | 83,9 | 128,4 W |
| Asie | continentale | 84,0 | 218,0 |
| | Chine, Japon | 83,2 | 10,0 |
| Amérique | Nord | 71,7 | 89,7 |
| | Sud | 75,1 | 50,7 |
| Australie | | 77,7 | 64,9 |
| | Moyenne | 79,3 | 93,6 |

Un septième nuage rassemble les pôles correspondant aux stations de hautes latitudes.

Les écarts de position des divers pôles apparents ne semblent pas excessifs, surtout si l'on considère à la fois l'importance du volume et l'hétérogénéité des matériaux constituant le Globe en général et la croûte terrestre en particulier. Les valeurs des principaux éléments magnétiques en un point donné de sa surface suffisent donc pour évaluer la position du pôle apparent moyen avec une précision qui n'est certainement pas inférieure à $1500^{km}$. Les coordonnées moyennes indiquées ci-dessus s'écartent notablement de celles du pôle de Gauss pour l'année 1922 ($\varphi = 78°32'$N, $\lambda = 69°8'$W) (²).

L'examen de cette distribution révèle en outre les faits suivants :

1° L'inclinaison de l'axe magnétique sur l'axe de rotation reste comprise entre 2° et 10° pour les stations de l'Eurasie. Elle atteint de fortes valeurs pour celles de l'Amérique du Nord et décroît régulièrement de 21° à 14° environ entre les latitudes de 70° et 20°N. Tout aussi considérable pour les stations de l'Amérique du Sud et de l'Australie, elle croît au contraire rapidement de 11° à 22° environ entre les parallèles de 10° et 35°S.

2° Dans l'hémisphère nord, la projection de l'axe magnétique sur le plan équatorial tourne très nettement de l'Ouest vers l'Est à mesure que la latitude des stations diminue. Une certaine fixité paraît plutôt la règle pour celles de l'hémisphère Sud.

La détermination des déplacements dans le temps des pôles apparents respectifs effectuée pour les observatoires du Val-Joyeux, Bombay, Toronto et Apia ne laisse apercevoir aucune similitude des trajectoires d'ailleurs parcourues dans des sens différents.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Partie principale de l'ensemble du champ magnétique terrestre et composante verticale locale.* Note de M. **Jean Coulomb**, présentée par M. Charles Maurain.

P. Rougerie (¹) revient sur la constante magnétique locale de Bauer, qui correspond à une aimantation uniforme I du globe telle qu'elle résulterait des données d'une seule station. La partie principale du champ terrestre pourrait être également attribuée à l'aimantation radiale J d'une couche super-

(²) L. A. Bauer, *Terrestrial magnetism and atmospheric electricity*, 1923, p. 15.

(¹) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 417.

ficielle : On obtient J en cherchant un potentiel de double couche, ou on le déduit de I en découpant le globe en feuillets plans perpendiculaires à l'axe, en déformant chacun de façon à l'appliquer sur une des calottes sphériques, et en intégrant. On obtient

$$J = \frac{IR}{h}\cos\theta = \frac{3R}{8\pi h}Z$$

(R rayon du globe, $h$ épaisseur admise pour la couche superficielle, $\theta$ colatitude magnétique, Z composante verticale).

La simple composante verticale Z possède donc une signification tout à fait analogue à la constante magnétique locale $G = \sqrt{H^2 + (Z^2/4)}$.

Numériquement $I = 0,074$ gauss (Bauer, 1922). Si $h = 32^{km} = 0,005$ R par exemple, le maximum de J atteint 15 gauss, ce qui est énorme vis-à-vis des aimantations observées (de l'ordre du millième de gauss pour les roches cristallines). Une aimantation radiale serait aussi difficilement soutenable qu'une aimantation superficielle. Mais on voit que les variations séculaires de Z sont approximativement proportionnelles à l'aimantation d'une couche qui produirait la variation séculaire générale [2]. Ceci éclaire un résultat de Vestine [3], qui a résumé la connaissance de la variation séculaire dans le calcul d'une telle couche (ou des courants équivalents). La carte qu'il en donne est très voisine de la carte isoporique de Z. Le facteur de correspondance semble un peu inférieur à la valeur déduite du raisonnement précédent.

## OCÉANOGRAPHIE. — *Étude des niveaux marins à Bombay.*

Note de M. **Jean Baussan**.

On a étudié par la méthode d'analyse harmonique de M. et M^me H. Labrouste les moyennes mensuelles des niveaux marins à Bombay (Appolo Bandar); on en a extrait diverses composantes dont la période, l'amplitude moyenne, et l'amplitude relative se trouvent réunies dans le tableau ci-dessous :

| Période (mois). | Amplitude 0,01 pied. | Amplitude relative. | Période (mois). | Amplitude 0,01 pied. | Amplitude relative. |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 6 | 0,05 | 18 | 8 | 0,07 |
| 2,6 | 9 | 0,08 | 24 | 6 | 0,05 |
| 3 | 10 | 0,09 | 30 | 8 | 0,07 |
| 4 | 14 | 0,13 | 36 | 4 | 0,04 |
| 6 | 24 | 0,22 | 48 | 8 | 0,07 |
| 7,5 | 2 | 0,02 | 72 | 6 | 0,05 |
| 9 | 8 | 0,07 | 216 | 10 | 0,09 |
| 12 | 16 | 0,15 | Série entière | 108 | 1 |

[2] Par exemple une couche qui deviendrait par endroits magnétique, et perdrait ailleurs son magnétisme par suite de variations thermiques au voisinage d'un point de Curie.

[3] *Association Internationale de Magnétisme et Électricité terrestre*, Assemblée de Washington, septembre 1939.


1880
1890
1900
1910
1920
1930
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
T. 2
T. 2,6
T. 3
T. 4
T. 6
T. 7,5
T. 9
T. 12
T. 18
T. 24
T. 30
T. 36
T. 72
T. 216
Reste
0,3
0,2

Les résultats des calculs se trouvent sur la planche ci-contre. Le reste montre l'existence d'une partie non périodique souvent assez importante que l'on pourrait expliquer par des mouvements du sol; ainsi pendant l'année 1902, où de violentes secousses sismiques ont été observées, le sol se serait affaissé et relevé deux fois; le même phénomène se serait produit de 1903 à 1905 et de 1921 à 1922.

Si l'on ne tient pas compte de ces anomalies, l'amplitude totale du reste est égale au 1/9 de celle des données initiales.

Par ailleurs, ce reste ne permet pas d'apercevoir des mouvements plus lents du niveau marin, l'altitude moyenne de ce niveau s'étant maintenue à la cote de 0,21 pied pendant un quart de siècle.

PALÉONTOLOGIE. — *Première étude des Insectes fossiles oligocènes du bassin de Marseille*. Note de M. **Jean Timon-David**, présentée par M. Louis Fage.

On n'a décrit jusqu'ici qu'un très petit nombre d'Insectes fossiles des formations Oligocènes du bassin de Marseille. Les publications de Fournier qui font mention d'Insectes trouvés par lui-même et par Vasseur aux environs d'Allauch et des Camoins ne sont accompagnées d'aucune description. Dans sa Note de 1934 et dans sa remarquable Monographie de 1937, N. Théobald, rassemblant tous les matériaux qu'il a pu avoir à sa disposition, a décrit dix Insectes des calcaires en plaquettes de Camoins-les-Bains : c'est à ces maigres éléments que se bornent, jusqu'à présent, nos connaissances sur les insectes du Bassin de Marseille.

Des fouilles méthodiques, pratiquées à proximité du village des Camoins, m'ont permis de réunir une remarquable série d'Insectes fossiles; beaucoup d'entre eux sont d'une étonnante conservation, qui permet de les étudier dans les moindres détails (chétotaxie et même coloration). J'apporte ici les résultats préliminaires de ces recherches.

Le matériel que j'ai recueilli comprend, à ce jour, 280 échantillons, parmi lesquels 247 ont pu être déterminés; ils se répartissent de la façon suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hyménoptères | 103 | soit | 41,7 % |
| Diptères | 69 | | 27,9 |
| Coléoptères | 38 | | 15,3 |
| Hémiptères | 34 | | 13,7 |
| Lépidoptères | 2 | | 0,8 |
| Odonates | 1 | | 0,4 |

Cet ensemble comprend 70 espèces, dont 25 au moins sont nouvelles.

Les Hyménoptères viennent largement en tête grâce à l'extraordinaire abondance des Formicidés (81 échantillons), avec les genres *Aphœnogaster*, *Euponera*, *Camponotus*, *Dolichoderus* etc., représentant sensiblement le tiers

du total. Les sexués, répandus à profusion au moment de l'essaimage, sont venus s'enfouir en grand nombre dans la vase du lac oligocène; les ouvrières, charriées par les courants ou noyées par les inondations, sont aussi très abondantes. Ce sont les Fourmis qui caractérisent essentiellement la station, particularité qui rapproche le gisement des Camoins de celui de Kleinkembs, étudié par Förster et par Théobald. Les Hyménoptères comprennent en outre un superbe Apidé du genre *Sphecodes*, 1 Proctotrypidé, 2 Chalcididés, 1 Euménidé, 1 Ichneumonidé, 3 Sphégidés et une série de Braconidés.

Les Diptères viennent au second rang, avec 69 échantillons : 8 Brachycères et 61 Nématocères. Les premiers, beaucoup plus rares, sont les plus intéressants et fournissent plusieurs espèces nouvelles très remarquables qui se rangent sans aucune difficulté dans les familles et les genres que voici :

Empididés, *Tachydromia* nov. sp.; Dolichopodidés, *Sciopus* nov. sp.; Bombylidés, *Phthiria* nov. sp.; Asilidés, *Machimus* nov. sp.; Hélomyzidés, *Helomyza* nov. sp.; Syrphidés, *Chilosia* nov. sp.

Parmi les Nématocères se rencontre une série de formes abondamment représentées dans la plupart des gisements oligocènes : *Sciara* (12 échantillons, 4 espèces), *Gnoriste*, *Tipula* (2 espèces), *Bibio* (2 espèces), *Plecia* (4 espèces), des Chironomidés et des Culicidés. Ces derniers, très abondants, sont souvent si bien conservés qu'on peut observer les écailles des ailes, les plus petits détails des griffes, des antennes et des palpes.

A signaler parmi les Hémiptères Homoptères, 2 *Psylla*, 2 *Aphis*, 5 Cercopidés, 1 Typhlocibidé, 1 Fulgoridé et, parmi les Hétéroptères, les genres *Cydnus*, *Lygæus*, *Aphanus* etc.

Dans l'ordre des Coléoptères, les Rhynchophores dominent largement, comme il est de règle dans les gisements d'Aix et de Céreste. Les types les plus abondants appartiennent au genre *Apion*. Il faut ajouter un Buprestidé de grande taille, 2 Carabidés et 2 Staphylinidés (*Quedius*).

Les Odonates anisoptères ont fourni une aile d'une admirable conservation qui présente tous les caractères des Æschnidés.

En dehors des Insectes, il faut mentionner 2 Araignées.

Cette association permet la reconstitution du biotope et autorise quelques déductions paléoclimatologiques qui concordent avec les données publiées par de Saporta d'après l'étude de la flore. Les Formicidés, en particulier, dénotent un climat steppique, chaud et sec, de caractère subtropical.

Il y a lieu de distinguer les éléments qui, vivant sur le rivage même du lac oligocène, se sont fossilisés sur place, et ceux qui proviennent de l'intérieur du pays. Les premiers sont représentés par un grand nombre de Culicidés, de Chironomidés, de *Sciara*, *Bibio*, *Plecia* etc. Les seconds ont laissé des vestiges beaucoup plus rares; leur étude présente un grand intérêt parce qu'elle nous renseigne sur le peuplement entomologique des coteaux oligocènes : sur des pentes arides couvertes de Pins, de *Callitris*, de *Widdringtonia*, de Protéacées

au feuillage maigre et coriace, volaient des Sphégidés, Apidés, Braconidés, Euménidés, Asilidés, Bombylidés, Syrphidés etc.

La présence simultanée de types actuellement inféodés les uns aux autres permet de conclure à l'existence très ancienne de relations biologiques analogues ou identiques à celles que nous observons de nos jours; cette remarque a déjà été faite par d'autres auteurs, mais il est intéressant d'en confirmer le bien-fondé par de nouveaux documents : la fossilisation d'un Aphidien sur la même plaquette qu'une Fourmi en est un exemple caractéristique. Les *Quedius* vivaient sans doute dans les fourmilières; les Ichneumonides parasitaient les chenilles de Lépidoptères; les Pompiles chassaient déjà les Araignées; les *Tachydromia* poursuivaient leurs proies au bord de l'eau et les *Machimus* dans les clairières ensoleillées; les *Apion* fréquentaient les buissons de Légumineuses; les Buprestes creusaient leurs galeries dans le tronc des Pins.

L'étude détaillée de la faune des Camoins apportera une importante contribution à nos connaissances sur la paléoentomologie provençale.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de l'état cytologique chez une Algue aérophile, l'*Apatococcus minor *Br.* Note de M. **Louis Ziéglé**, présentée par M. Marin Molliard.

Parmi les Algues vertes aérophiles du type *Pleurococcus*, il est possible de reconnaître un genre *Apatococcus* Br. (1), défini par l'absence de pyrénoïde et par la tendance à réaliser des divisions dans trois plans successivement, et, conformément aux diagnoses d'Edlich, deux espèces, *A. perspicuus* Edl. (2) et *A. minor* Br., également adaptées à un habitat sec et différant surtout par leur taille (12 et $8^{\mu}$). Les caractères cytologiques de ces formes n'ont pas été recherchés systématiquement. Pourtant ils doivent refléter des conditions biologiques très spéciales.

L'état de développement le plus aisément définissable chez l'*A. minor* est celui que fournit la diade (*fig.* 1); ensemble ellipsoïde fait de deux cellules présentant leur membrane propre, mince, enveloppée de la membrane distendue, mais plus épaisse, de la cellule dont elles proviennent, et portant encore, sur une face, des restes membranaires plus anciens.

I. *L'état d'équilibre dans l'eau.* — Turgescente dans l'eau, chaque cellule montre deux chloroplastes, en lame épaisse, inégaux, obliques l'un par rapport à l'autre, moulés sous la membrane externe. La surface des chloroplastes, souvent chagrinée, enserre de très petites inclusions réfringentes en bâtonnet, teintes en brun acajou par l'iode, grains d'une réserve apparentée à l'amidon.

Le noyau (*a*), sphérique, de grande taille (1/4 du diamètre cellulaire), est contigu à la membrane de séparation, entre les bases des chloroplastes.

(1) F. Brand et S. Stockmayer, *Arch. f. Protistenk.*, 52, 1925, p. 265.

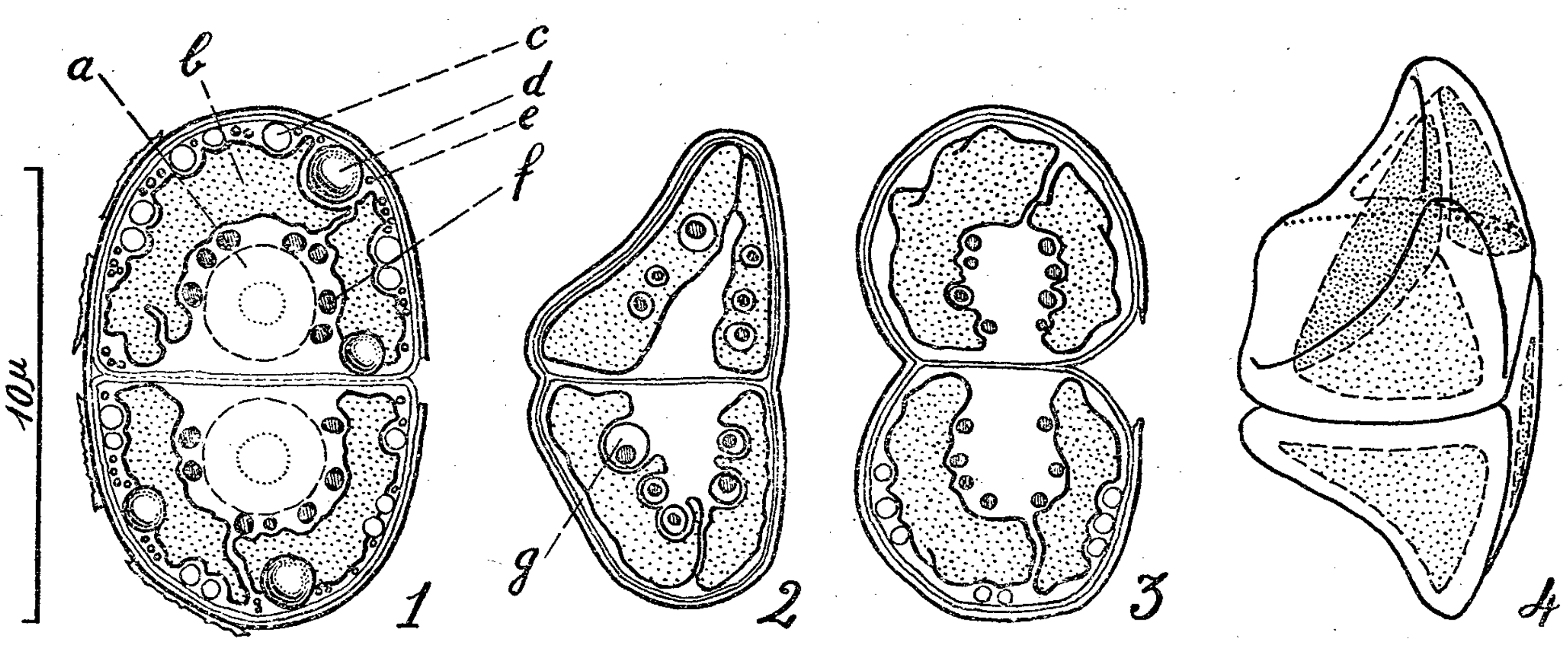
(2) F. Edlich, *Arch. f. Mikrob.*, 7, 1936, p. 62.

Le cytoplasme comporte une région périnucléaire et une région sous-membranaire où les inclusions sont différentes : dans la région périnucléaire, des globules sphériques, réfringents, de $0^{\mu},2$, disposés en cercle autour du noyau (*fig.* 1, *f*), présentent les réactions de la volutine; dans la région sous-membranaire, de nombreuses granulations lipidiques, la plupart très petites (*e*), 2 ou 3 parfois très grosses (*d*), contiguës à la membrane, tandis que les globules sphériques peu réfringents (*c*), de taille moyenne, ont une nature différente : après écrasement de la cellule, ils diffluent dans l'eau ou persistent sous forme de grosses bulles à la surface de la masse cytoplasmique libérée.

Les colorations vitales au rouge neutre montrent les inclusions périnucléaires constituées de petites vacuoles qui, bientôt, confluent par leur contenu visqueux et grossissent en même temps que la cellule s'altère; elles confirment aussi la nature vacuolaire des globules peu réfringents de la région sous-membranaire.

La recherche du chondriome n'a pas été effectuée.

II. *L'état d'équilibre dans l'air sec.* — Dans les conditions biologiques, l'Algue est fréquemment desséchée; la diade se contracte; les chloroplastes sont pliés; les résistances sont fournies par la cloison de séparation, qui garde un contour vaguement circulaire; par les chloroplastes, dont les bords et le pli fournissent les arêtes du solide à cinq faces que forme chaque cellule (*fig.* 4).




A cet état la structure cytoplasmique est peu analysable. Seuls les plus gros des globules lipidiques sont visibles sous la membrane, dont ils peuvent boursoufler la surface; on voit aussi contre la face interne des chloroplastes, ou en apparence logées dans ceux-ci, les vacuoles périnucléaires condensées.

III. *La réimbibition.* — La réimbibition par l'eau à partir de l'équilibre avec une tension de vapeur d'eau de 0,70, comporte deux temps :

1° La membrane, instantanément imbibée, tend de suite à retrouver sa position d'équilibre mécanique dans l'eau. La traction qu'elle exerce sur un contenu insuffisant fait entrer dans la cellule plus d'eau que n'en comporte l'imbibition, moins rapide, des constituants cellulaires déshydratés; elle crée

ainsi des *vacuoles transitoires*; la disparition de celles-ci s'accomplit par suite de l'imbibition progressive du cytoplasme, comme l'a montré L. Plantefol ([3]) à propos de grains de pollen.

Dans la région périnucléaire, de suite après mouillage, on voit des globules animés de mouvements browniens, dans une vacuole, nécessairement, dont le diamètre peut être, d'après les déplacements enregistrés, quatre à cinq fois celui du globule. Progressivement le volume de cette lacune vacuolaire diminue et, dans le cytoplasme réimbibé, le globule est bientôt immobilisé.

On voit également se former de telles vacuoles transitoires autour des corpuscules qui semblaient enchâssés dans un chloroplaste. La surface de celui-ci, se régularisant, paraît expulser la vacuole transitoire dans le cytoplasme où elle est résorbée (*fig.* 2 et 3).

2° Le volume protoplasmique s'accroît, au delà des dimensions correspondant à l'équilibre mécanique de la membrane, telles qu'elles sont mesurables sur une cellule réimbibée, mais vide; la turgescence se rétablit, distendant la membrane.

Les trois états : équilibre avec une tension de vapeur d'eau de 0,70, équilibre du cytoplasme dans la membrane sans traction ni pression, turgescence dans l'eau pure, correspondent à des volumes qui sont entre eux comme 75, 100 et 130. Aux états initial et final, le vacuome a des volumes différents; il passe par un volume maximum, à un état instable, durant l'imbibition.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de rutoside dans les fleurs de quelques* Magnolia. Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le rutoside est un oxyflavonoloside hydrolysable par les acides en une molécule de glucose, une molécule de rhamnose et une molécule de quercétol. La rhamnodiastase le dédouble en un biose, le rutinose, et en quercétol. Découvert par Weiss dans les feuilles de *Ruta graveolens* L. ([1]), le rutoside a été retrouvé dans de nombreux végétaux : Charaux en particulier l'a extrait d'une vingtaine de plantes appartenant à des familles très diverses ([2]).

Weevers ayant signalé la présence de quercétol dans les fleurs de *Magnolia Yulan* Desf. var. *Soulangeana* Lindl. ([3]), nous avons pensé à l'existence probable d'un hétéroside du quercétol dans cette espèce, d'autant plus que les liquides destinés aux essais biochimiques laissaient déposer des cristaux jaunes, solubles dans les alcalis avec coloration orangée.

---

([3]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10e série, 15, 1939, p. 261.

([1]) *Pharmaceutisches Centralblatt*, 11e série, 13, 1842, pp. 903-905.

([2]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 6, 1924, pp. 641-647.

([3]) *Proc. Acad. Sc. Amsterdam*, 2e série, 33, 1930, pp. 778-785.

200$^g$ de pétales frais de *Magnolia Yulan*, prélevés à Versailles, sont projetés dans quatre fois leur poids d'alcool à 80° bouillant pour les stabiliser. Après 20 minutes d'ébullition, l'alcool est décanté et l'épuisement est achevé par un second traitement à l'alcool. Les colatures obtenues sont distillées à sec sous pression réduite. Après élimination de la plus grande partie de l'alcool, l'hétéroside commence à cristalliser. L'extrait mou est repris par une quantité suffisante d'eau bouillante pour dissoudre les cristaux, puis cette liqueur aqueuse encore tiède est agitée à l'éther à deux reprises. Elle cristallise presque aussitôt; après un repos de 24 heures, l'hétéroside jaunâtre est filtré et essoré. Poids brut obtenu : 2$^g$,4. Pour le purifier, nous l'avons fait dissoudre dans cinq fois son poids d'alcool méthylique bouillant d'où il recristallise facilement; deux autres cristallisations dans l'eau ont fourni une poudre jaune clair formée de fines aiguilles.

Le point de fusion de cet hétéroside au bloc Maquenne est peu net (+ 202°, pour fusion instantanée). Il est très peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'alcool à 95°, davantage encore dans la pyridine. Ses solutions colorées se prêtent mal à la détermination du pouvoir rotatoire : en solution à 0,5 % dans la pyridine, elles ont donné $\alpha_D \# - 39°$; dans les mêmes conditions, pour le rutoside extrait de *Ruta graveolens*, $\alpha_D \# - 40°$.

L'essai chronométrique de Charaux [2] fait apparaître les flocons d'aglycone après 13 minutes (rutoside témoin : 13 à 15'). Cet aglycone a été identifié au quercétol par son point de fusion + 317° examiné comparativement avec celui du quercétol. Les oses (rhamnose et glucose) n'ont pas été extraits, mais après hydrolyse acide de l'hétéroside, le pouvoir rotatoire de la solution $\alpha_D = + 29°$ correspond au mélange équimoléculaire de rhamnose et glucose.

Enfin l'hétéroside obtenu est hydrolysable par la rhamnodiastase des graines de *Rhamnus utilis* Dcne. : mis au contact de celle-ci, en présence d'eau, à l'étuve à 33°, il ne tarde pas à prendre une teinte plus jaune, due au quercétol. Nous avons pu vérifier la solubilité de celui-ci dans l'éther (le rutoside y est insoluble); le dosage des sucres réducteurs de la solution filtrée traduit la présence du rutinose, moins réducteur que le glucose et le rhamnose qui se seraient formés par hydrolyse acide.

Le rendement en rutoside a été plus élevé sur le matériel d'étude récolté au début de la floraison (8 avril). Quinze jours plus tard, quand les pétales commencent à tomber, les liqueurs d'extraction sont plus colorées; les cristaux souillés, moins abondants, sont plus difficiles à purifier. L'hydrolyse acide effectuée comparativement sur les fleurs des deux cueillettes a permis de constater une diminution des glucides; le total des sucres réducteurs après hydrolyse par l'invertine et par les acides est de 1,19 pour 100$^g$ de pétales frais le 8 avril, 0,79 le 23 avril.

Les rameaux, feuilles, fruits et graines de *M. Yulan*, soumis aux mêmes traitements, n'ont donné lieu à aucune cristallisation hétérosidique : le rutoside est donc seulement localisé dans les pétales.

Le rutoside a été également obtenu et identifié à partir des fleurs de $\times$ *M. Soulangeana* Soul., *M. macrophylla* Michx.. *M. obovata* Thunb.,

*M. Thompsoniana* Hort. Sa présence n'est pas générale dans le genre *Magnolia*, car les pétales de *M. grandiflora* L. et *M. stellata* Maxim. n'en ont pas fourni; d'ailleurs, Weevers n'avait pas trouvé de quercétol dans les fleurs de cette dernière espèce. Notons aussi que les fruits de *M. macrophylla* (août) ont permis d'obtenir un hétéroside jaune dont l'aglycone a pu être identifié au quercétéol : il s'agit sans doute encore du rutoside.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la croissance d'une Bactérie pourpre, étudiée par numération et opacimétrie.* Note de M[lle] **Odile Gerhardt**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai étudié la croissance, en milieu minéral (additionné d'extrait de Levures) et à la lumière, de cultures pures d'une Bactérie pourpre appartenant au genre *Chromatium*. Obtenue à partir de l'eau d'un bassin, cette espèce ne semble pas une des grandes formes aisément déterminables quand on les rencontre dans les milieux naturels; isolée après au moins un an de séjour dans des milieux artificiels, elle est relativement petite et de longueur variable dans un cycle de croissance ($4^{\mu}$ au début, $8^{\mu}$ après 20 jours). La culture est rose pourprée, rendue laiteuse un temps par la présence du soufre; le pigment n'est jamais assez abondant pour que les Bactéries, au microscope, paraissent colorées.

Une solution nutritive préparée selon les indications de van Niel, comportant comme source de soufre $Na^2S$ à 0,08%, additionnée d'un extrait de Levures stérilisé à l'autoclave, remplit des flacons de verre incolore de $75^{cm^3}$, bouchés émeri. On y ensemence $2^{cm^3}$ d'une suspension de Bactéries en plein développement. Les courbes de croissance sont construites par deux méthodes :

1° On procède tous les deux jours à des déterminations sur le contenu de flacons dont on suit l'évolution individuelle.

2° On constitue une courbe avec les résultats fournis par des flacons différents ouverts une seule fois, après des temps variables.

Ces deux modes expérimentaux ont donné des résultats presque identiques. Les courbes constituant les figures correspondent à une expérience du deuxième type.

Je compare ici les résultats de deux méthodes :

*a*. mesure de l'opacité de la culture, à l'électrophotomètre de Meunier, exprimée en unités arbitraires du tambour de l'appareil;

*b*. numération directe dans une cellule de Thoma. L'immobilisation des Bactéries, normalement trop mobiles pour permettre la détermination, était réalisée par addition d'un volume connu d'une solution concentrée de sulfure. Les résultats sont exprimés en milliers de Bactéries par millimètre cube.

*Courbe d'opacité.* — Elle présente un maximum après 6 jours de culture; ce maximum correspond à une opacité considérable (environ 350 unités); les corps bactériens, riches en granules de soufre, sont les seuls corps figurés du milieu; aucune particule de soufre n'est visible hors des Bactéries. Du 6[e] au

20[e] jour, l'opacité décroît de 350 à 115, rapidement d'abord, lentement ensuite. En fin d'expérience, l'opacité est donc tombée au tiers de sa valeur maximum.

*Courbe de numération.* — C'est une courbe de croissance normale. Au 6[e] jour est atteint un nombre qui se maintient sensiblement constant.

La différence principale entre ces deux courbes qui se coupent en deux points, s'explique par la production de granules de soufre à l'intérieur des corps bactériens. C'est ce que montrent :

1[e] l'observation directe des Bactéries, exemptes de soufre au 2[e] jour, riches en granules au 6[e], puis perdant rapidement ces granules (cartouche en haut de la figure 2);

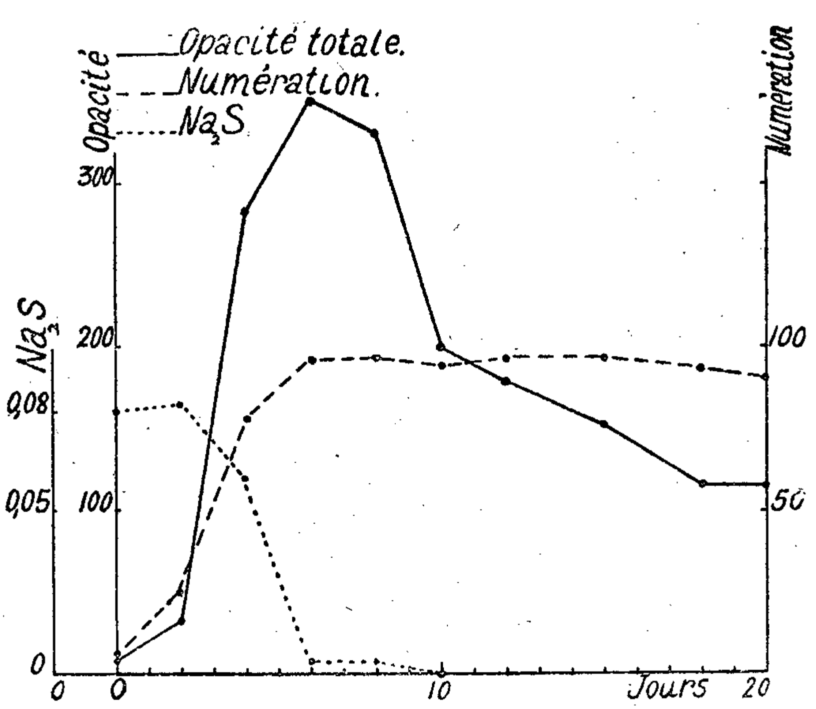



Fig. 1.

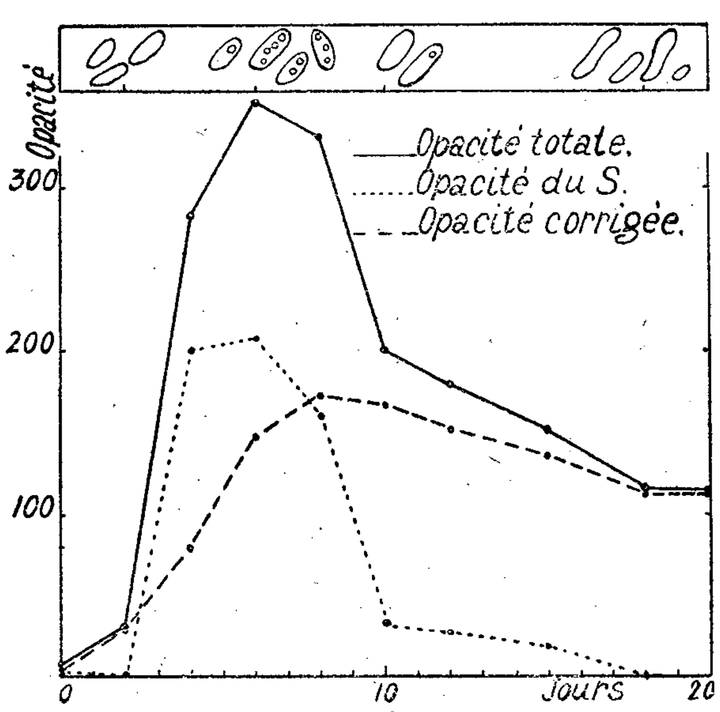



Fig. 2.

2° l'analyse des résultats obtenus. J'ai fait agir sur les cultures une solution d'hypochlorite de sodium : celle-ci met en liberté les granules de soufre par dissolution des cellules bactériennes; de plus, elle détruit les colorants; elle permet donc de déterminer, après centrifugation et lavage, une valeur de l'opacité que l'on peut, théoriquement, estimer être celle du soufre intrabactérien. C'est par cette méthode qu'a été tracée, sur la figure 2, la courbe : opacité du soufre. L'opacité corrigée est la différence entre l'opacité totale et l'opacité du soufre. On voit que cette opacité corrigée, qui serait celle de la culture bactérienne, indépendamment du soufre qu'elle contient, atteint, au 8[e] jour seulement, un maximum environ moitié moins élevé que celui de l'opacité totale. La diminution ultérieure peut être interprétée comme consécutive aux transformations chimiques dues au métabolisme des Bactéries (réserves, pigments, protoplasme), et se produit malgré un allongement qui pourrait accroître l'opacité.

On voit que :

1° Au point de vue technique, la courbe de croissance des Bactéries pourpres ne saurait être fournie sans la méthode de numération. L'emploi de

l'électrophotomètre est plus facile; les résultats qu'il donnerait seul seraient entachés d'erreur, à cause surtout de l'accumulation, puis de la disparition, du soufre bactérien; à cause aussi des transformations qui affectent la substance bactérienne.

2° Au point de vue théorique, la courbe de croissance des Bactéries pourpres, autotrophes, est d'allure très analogue aux courbes classiques relatives à la croissance d'hétérotrophes, Bactéries et Levures.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1943.

*Le hasard et le nombre* $\pi$, par Pierre Poirier. Paris, Gauthier-Villars, 1942; 1 fasc. $24^{cm}$.

*Comité national français de géodésie et géophysique.* Années 1939 et 1940. *Compte rendu* publié par le secrétaire général Georges Perrier. Paris, au Secrétariat général du Comité français; 1 vol. $24^{cm}$.

*Annuaire pour l'an* 1943, publié par le *Bureau des Longitudes.* Paris, Gauthier-Villars; 1 vol. $19^{cm}$.

*Aperçu sur la biogéographie de la République Argentine,* par Philibert Guinier. Extrait des *Comptes rendus sommaires des séances de la Société de biogéographie,* 1942. Caen, S. I. B. N., 1942, 1 fasc. $25^{cm}$.

*Erica vagans à Entrevernes* (*Haute-Savoie*). *L'évolution d'une station,* par Philibert Guinier. Extrait du *Bulletin de la Société botanique de Genève,* vol. XXXIII, 1942; 1 fasc. $24^{cm}$.

Annales de la Faculté des sciences de l'Université de Toulouse, pour les Sciences mathématiques et les sciences physiques, publiées sous les auspices du Ministère de l'Éducation nationale, par un Comité de rédaction composé des professeurs de mathématiques, de physique et de chimie de la Faculté. *Complément au mémoire sur les actions magnétiques, électriques, électrodynamiques et électromagnétiques dans les corps rigides ou déformables,* par Louis Roy. Toulouse, Édouard Privat et Paris, Gauthier-Villars, 1940; 1 fasc. $27^{cm}$.

Bibliothèque de philosophie scientifique. *La machine nerveuse,* par Louis Lapicque. Paris, Flammarion, 1943; 1 vol. $19^{cm},5$.

*Faune de France,* 42. *Isocoptères,* par André Badonnel. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1943; 1 vol. $26^{cm}$ (présenté par M. L. Bouvier).

*Théorie générale des particules à spin* (*Méthode de fusion*), par Louis de Broglie. Paris, Gauthier-Villars, 1943; 1 vol. $25^{cm}$.

Bibliothèque de l'Institut maritime et colonial. *La genèse des Faunes terrestres. Éléments de biogéographie,* par René Jeannel. Paris, Presses Universitaires de France, 1942 (présenté par M. L. Fage).

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 5 AVRIL 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Exemples de structure des systèmes duaux de l'espace hilbertien.* Note de M. GASTON JULIA.

Dans l'espace hilbertien $\mathcal{H}$, soit $(A_i)$ un système infini de vecteurs admettant un dual $(B_k)$. On désigne par V et W les variétés linéaires fermées $V=[A_1, A_2, \ldots]$, $W=[B_1, B_2, \ldots]$ respectivement sous-tendues par $(A_i)$ et $(B_k)$; $W \leqq V$. On va donner des exemples pour $W=V$ et $W<V$, ainsi que diverses conséquences relatives aux développements $\sum(B_i, X)A_i$ formés avec ces systèmes.

1. Lorsque les $A_i$ définissent, par $A_i=Ae_i$, un opérateur borné de 1<sup>re</sup> classe, on a montré antérieurement (1) que l'on a $B_k=(A^{-1})^\star e_k$ et qu'il y a réciprocité parfaite entre les $A_i$ et les $B_k$. Donc $V=W=\mathcal{H}$. Les séries $\sum(A_i, X)B_i$ et $\sum(B_i, X)A_i$ convergent fortement pour tout X et leur somme est X.

Il en est de même si A est borné, de 3<sup>e</sup> classe. Alors $W=V<\mathcal{H}$; les $B_k$ sont parfaitement réciproques des $A_i$. Les séries $\sum(A_i, X)B_i$ et $\sum(B_i, X)A_i$ convergent fortement, pour tout X, vers la projection $P_V X$ de X sur V.

Les circonstances sont plus délicates lorsque A est borné de 4<sup>e</sup> classe; nous précisons plus loin les indications d'une précédente Note (2) et la réalisation des circonstances signalées dans cette Note au n° 5, *c*.

2. Donnons d'abord un exemple simple de suite $A_i$ possédant un noyau $N=V-W$ à une dimension. W sera une variété linéaire fermée définie par la base orthonormale $(e_1, e_2, \ldots)$; N sera défini par le vecteur unitaire $e_0$ orthogonal à W; $\mathcal{H}=V=[e_0]+[e_1, e_2, \ldots]$.

Soit C un opérateur borné de 1<sup>re</sup> classe défini dans W et transformant W en

---

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 298.

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 468.

elle-même. Les $C_i = Ce_i (i = 1, 2, \ldots)$ admettent un dual $(B_k)$, sous-tendant W, réciproque de $(C_i)$, $B_k = (C^{-1})^\star e_k$. Définissons le système $A_i$ par $A_i = C_i + \mu_i e_0$, avec $\mu_i$ réel croissant vers $+\infty$. 1° $A_i . \| A_i \|^{-1}$ converge fortement vers $e_0$, car les $\| C_i \|$ sont uniformément bornés. Toute variété $V'_n = [A_{n+1}, \ldots]$ contient $e_0$ qui appartient au noyau N des $A_i$. 2° Il n'existe aucun $\zeta$ de $\mathcal{H}$ orthogonal à tous les $A_i$. Car, pour un tel $\zeta = \zeta' + \lambda e_0$, avec $\zeta' \in W$, on aurait $(\zeta' + \lambda e_0, C_i + \mu_i e_0) = 0$, pour $i = 1, 2, \ldots$, ou $(\zeta', C_i) = -\bar{\lambda}\mu_i$. $\mu_i$ croissant vers $+\infty$ et $C_i$ borné exigent $\lambda = 0$; et $(\zeta', C_i) = 0$ exige $\zeta' = 0$, car les $C_i$ sous-tendent W. Donc $V = [A_1, A_2, \ldots] = \mathcal{H} = [e_0, e_1, \ldots]$. 3° Le système $(A_i)$ admet évidemment $(B_k)$ pour dual, car $(A_i, B_k) = (C_i + \mu_i e_0, B_k) = \delta_{ik}$, pour $i, k = 1, 2, \ldots$. Donc $[B_1, B_2, \ldots] = W = [e_1, e_2, \ldots]$. 4° Le noyau $N = V - W = [e_0]$.

Dans $\mathcal{H}$ on peut définir un opérateur A par $Ae_0 = 0$, $Ae_i = A_i$ $(i = 1, 2, \ldots)$. A n'est pas borné. Le dual $(B_k)$ définit dans W un opérateur borné égal à $(C^{-1})^\star . P_W A = C$ est borné; $A = P_W A + P_{[e_0]} A$ est une décomposition de A en somme d'un opérateur borné et d'un opérateur non borné élémentaire. On a $\sum (B_k, X) A_k = \sum (B_k, X) C_k + e_0 \sum (B_k, X) \mu_k$. La 1^re^ série du 2^e^ membre converge fortement vers X pour tout X de W et vers $P_W X$ pour tout X de $\mathcal{H}$. La 2^e^ ne converge que si $\sum (B_k, X) \mu_k$ converge, et cette convergence dépend de la croissance des $\mu_k$; elle converge toujours dans $\{C_1, C_2, \ldots\}$ partout dense dans W; sa somme est une fonctionnelle linéaire de X, en général non continue, conservant la même valeur en tous les X ayant même projection sur W.

3. L'exemple précédent modifié conduit à une suite $A_i$ ayant des propriétés de structure analogues, mais définissant un *opérateur borné de 4^e^ classe*. Avec le même opérateur borné C de 1^re^ classe, opérant dans W, on définit les $C_i = Ce_i$ [3]; puis l'on choisit les scalaires $\lambda_i \neq 0$ tels que $\sum |\lambda_i|^2$ converge; enfin on prend $A_i = \lambda_i (C_i + e_0)$. 1° Il n'existe aucun $\zeta \neq 0$ de $\mathcal{H}$ orthogonal à tous les $A_i$; car on devrait avoir, pour $\zeta = \zeta' + \lambda e_0$, $\zeta' \in W$, $\lambda_i [(\zeta', C_i) + \bar{\lambda}] = 0$, donc $(\zeta', C_i) = -\bar{\lambda}$ pour tout $i \geq 1$, et la convergence de $\sum |(\zeta', C_i)|^2$ pour tout $\zeta'$ de W exigerait $\lambda = 0$, d'où $\zeta' = 0$; donc $V = [A_1, A_2, \ldots] = \mathcal{H}$. 2° Le système $(A_i)$ admet pour dual le système $B_k = \bar{\lambda}_k^{-1} . (C^{-1})^\star e_k$ $(k = 1, 2, \ldots)$, sous-tendant W. 3° Le noyau $N = V - W = [e_0]$. 4° $A_i$ définit par $Ae_0 = 0$, $Ae_i = A_i$ $(i = 1, 2, \ldots)$ un *opérateur borné de 4^e^ classe complètement continu*, car $\sum \| A_i \|^2 = \sum |\lambda_i|^2 [\| C_i \|^2 + 1]$ est convergente.

Un cas très simple est fourni par l'opérateur unité $C = 1$. Alors $A_i = \lambda_i (e_0 + e_i)$,

---

(3) Les $\| C_i \|$ sont bornés supérieurement et inférieurement par des nombres fixes.

$B_k = \overline{\lambda_k^{-1}} . e_k$. On constate que $p^{-1} . \sum_{n+1}^{n+p} \lambda_i^{-1} A_i$ converge fortement vers $e_0$, pour $p = \infty$; cela explique que $e_0$ appartienne au noyau N des $(A_i)$. L'opérateur B de $\mathcal{H}$ défini par $Be_0 = 0$, $Be_k = B_k$ n'est pas borné, car $\|B_k\|$ tend vers $+\infty$. Le domaine $\Delta_A$ des valeurs de $Y = AX = e_0 \sum_1^\infty \lambda_i x_i + \sum_1^\infty \lambda_i x_i e_i$, lorsque $X = \sum_0^\infty x_i e_i$, couvre en projection toute la variété $N = [e_0]$, mais non la variété $W = [e_1, e_2, \ldots]$; $P_W Y$ ne couvre que les $\eta = \sum_1^\infty y_i e_i$ de W tels que $\sum_1^\infty |\lambda_i|^{-2} |y_i|^2 = \sum_1^\infty |(B_i, \eta)|^2$ converge. Le point $\sum_1^\infty \lambda_i e_i$ n'est pas couvert.

Le domaine $\Delta_A$ est caractérisé par les $Y = \sum_0^\infty y_i e_i$ tels que

$$\sum_1^\infty |(B_i, Y)|^2 = \sum_1^\infty |\lambda_i|^{-2} |y_i|^2$$

converge et tels que $y_0 = \sum_1^\infty y_i$, la série du 2[e] membre convergeant pour tous ces Y, en sorte que $\Delta_A$ est contenu dans la variété linéaire non fermée d'équation $y_0 - \sum_1^\infty y_i = 0$, partout dense dans $\mathcal{H}$.

En supposant les $\lambda_i$ réels pour simplifier, on voit que, dans cet exemple, $\sum (B_i, X) A_i = \sum_{i=1}^\infty (e_i, X)(e_0 + e_i)$ convergera seulement lorsque $\sum (e_i, X)$ convergera; car $\sum (e_i, X) e_i$ converge toujours fortement vers

$$P_W X = X - (e_0, X) e_0.$$

La variété $\mathcal{V}$ définie par la convergence de $\sum (e_i, X)$ est linéaire mais non fermée ([4]); elle contient la variété non fermée $\{e_1, e_2, \ldots\}$ partout dense dans $\mathcal{H}$. Lorsque $X \in \mathcal{V}$, la différence $\sum (B_i, X) A_i - X = e_0 \left[ \sum_1^\infty (e_i, X) - (e_0, X) \right]$ appartient toujours à $N = [e_0]$; mais elle dépend de X, le coefficient de $e_0$ n'étant pas fonctionnelle continue de X, tout en étant limite, dans $\mathcal{V}$, de la

---

([4]) Par exemple $X^n = \sum k^{-1-\frac{1}{n}} e_k$, appartenant à $\mathcal{V}$, converge fortement, pour $n = \infty$, vers $X = \sum k^{-1} e_k$ qui n'appartient pas à $\mathcal{V}$.

fonctionnelle continue $\sum_{1}^{n}(e_i, X) - (e_0, X)$. La différence précédente est nulle pour tout X de $\Delta_A$.

4. A partir des exemples précédents de noyaux à une dimension, on peut former des exemples de *noyaux à un nombre fini ou infini de dimensions*; examinons ce dernier cas.

Soient $\mathfrak{M}^1, \mathfrak{M}^2, \ldots$ des variétés linéaires fermées en infinité dénombrable, chacune à une infinité de dimensions, 2 à 2 orthogonales, et sous-tendant $\mathcal{H}$ par leur ensemble. Dans $\mathfrak{M}^k$ ($k = 1, 2, \ldots$), définissons, comme au n° 3, un opérateur borné de 4ᵉ classe $\mathcal{A}^k$, opérant dans $\mathfrak{M}^k$, conservant $\mathfrak{M}^k$. La suite des $A_i^k = \mathcal{A}^k e_i^k$, correspondant à la base orthonormale $e_i^k$ de $\mathfrak{M}^k$, admet dans $\mathfrak{M}^k$ une duale $(B_i^k)$ et un noyau $[\alpha^k]$. Rangeons les $A_i^k$ en suite linéaire $(A_n)$ suivant le procédé diagonal classique par la croissance de $i+k$; rangeons suivant la même loi les $e_i^k$ en suite $(e_n)$ et les $B_i^k$ en suite $(B_n)$. Les $e_n$ forment un système orthonormal complet de $\mathcal{H}$. Tout X de $\mathcal{H}$ s'écrit $X = \sum X^k$, série toujours fortement convergente où $X^k \in \mathfrak{M}^k$. Définissons un opérateur linéaire $\mathcal{A}$ par $\mathcal{A}X = \sum \mathcal{A}^k X^k$ lorsque cette série, à termes 2 à 2 orthogonaux, converge fortement, c'est-à-dire pour $\sum \| \mathcal{A}^k X^k \|^2$ convergente. Si $M_k$ est la borne de $\mathcal{A}^k$ dans $\mathfrak{M}^k$, cette série est majorée par $\sum M_k^2 \| X^k \|^2$. Si tous les $M_k$ sont $\leqq M$, elle converge partout, et $\mathcal{A}X$ est un opérateur borné de borne $\leqq M$. Dans $\mathfrak{M}^k$, $\mathcal{A}$ coïncide avec $\mathcal{A}^k$. On voit aisément que les $B_n$ constituent la suite duale des $A_n$, la variété $V = [A_1, A_2, \ldots]$ étant $\mathcal{H}$. Le classement des $A_i^k$ prouve que la suite $A_n, A_{n+1}, \ldots$, quel que soit $n$, contient tous les $A_i^k$ (pour $k$ fixe arbitraire) à partir d'un certain rang. Donc $[A_n, A_{n+1}, \ldots]$ contient chaque $\alpha^k$, noyau dans $\mathfrak{M}^k$ de la suite $(A_i^k)$. Les $\alpha^k$ sont 2 à 2 orthogonaux. La suite $(A_n)$ fournie par l'opérateur donné $\mathcal{A}$ $[A_n = \mathcal{A} e_n]$ admet certainement un noyau contenant la variété $[\alpha^1, \alpha^2, \ldots]$; l'opérateur $\mathcal{A}$ est de 4ᵉ classe ([5]).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Essai de conservation de graines en l'absence d'humidité, d'air et de lumière.* Note de MM. **Alphonse-Théophile Schlœsing**† et **Désiré Leroux**, présentée par M. Maurice Javillier.

Depuis les essais anciens de Duhamel du Monceau ([1]), la conservation de la faculté germinative des graines a fait, en raison de son intérêt, l'objet de nombreux travaux.

([5]) Quelques indications élémentaires et analytiques sur les systèmes duaux et les série correspondants se trouvent dans *Theorie der Orthogonalreihen* de Kaczmarz et Steinhaus et dans S. Levin (*Math. Zeits.*, 32). La notion de noyau, son importance pour la structure des systèmes duaux, ses conséquences pour la convergence des séries correspondantes ne paraissent pas avoir été aperçues.

([1]) *Des semis et plantations des arbres,* Paris, 1780, p. 109.

Parmi les moyens préconisés pour maintenir cette dernière, le vide, avec ou sans dessiccation artificielle préalable [L. Maquenne (²), P. Becquerel (³), (⁴); E. Laurent (⁵), A. Guillemin (⁶)], semble l'un des plus efficaces, bien que les résultats obtenus ne soient pas toujours très démonstratifs. Dans plusieurs cas en effet, la durée des essais effectués (2 à 12 ans) n'a guère dépassé, lorsqu'elle n'a pas été plus courte, la durée germinative moyenne des graines utilisées, conservées dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire simplement à l'abri de l'humidité et de la lumière.

En 1922, nous avons pensé qu'un nouvel essai de conservation des graines en l'absence à la fois d'humidité, d'air et de lumière, ne serait pas inutile s'il était prolongé bien au delà de cette durée germinative moyenne.

La graine choisie pour l'expérience que nous avions décidé d'entreprendre était, en raison de sa dégénérescence rapide, celle du tabac.

Le pouvoir germinatif de cette dernière persistant pendant 10 ans (J.-B. Boussingault (⁷), Th. Schlœsing (⁸)], mais diminuant ensuite sensiblement [É. Schribaux (⁹) et Étienne] et ne dépassant pas 15 ans [A. de Candolle (¹⁰)], il fut convenu que les premiers essais de germination seraient exécutés avec des semences conservées pendant 20 ans au moins, dans les conditions adoptées.

Ce délai étant, depuis quelques mois, expiré, l'auteur survivant a effectué lesdits essais.

*Technique expérimentale.* — Dans des tubes de verre de $1^{cm}$ de diamètre intérieur et fermés à l'une de leurs extrémités, on introduit respectivement $3^{g}$ de chaux vive en petits fragments, que l'on recouvre avec un tampon d'amiante de $0^{cm},5$ environ d'épaisseur, sur lequel on place une rondelle de papier à filtrer. A une hauteur de $10^{cm}$ on étire ensuite les tubes et, après refroidissement, on fait passer dans chacun de ces derniers $0^{g},9$ de graines de tabac, soit environ 10000 graines, qui viennent reposer sur la rondelle de papier. On fait le vide à la trompe à eau et on scelle à la lampe. Chaque tube est alors entouré d'une double épaisseur de papier noir opaque et enfermé avec une étiquette dans un autre de plus grand diamètre ($18^{mm}$) qu'on étire et qu'on scelle, toutes précautions étant prises pour éviter un échauffement des graines susceptible de leur nuire.

On discerne facilement les motifs de la disposition adoptée. La chaux vive est destinée d'abord à dessécher les graines qui n'ont subi aucune dessiccation préalable. Celles-ci

---

(²) *Comptes rendus*, **135**, 1902, p. 208.

(³) *Ann. Sc. natur. Bot.*, 9ᵉ série, **5**, 1907, p. 193.

(⁴) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 805.

(⁵) *Ibid.*, **135**, 1902, p. 1091.

(⁶) *Ibid.*, **176**, 1923, p. 1737.

(⁷) *Économie rurale*, 2ᵉ éd., **1**, Paris, 1851, p. 6.

(⁸) *Leçons de Chimie agricole professée à l'École d'application des Manufactures de l'État*, Paris, 1883, p. 579.

(⁹) *Résumés du cours d'Agriculture générale* (1ʳᵉ partie) professé à l'Institut national agronomique, Paris, 1913, suppl. Tabl. VI. D'après ces auteurs, 73 % de graines de tabac simplement séchées à l'air ont germé après 9 ans et 23 % seulement après 13 ans.

(¹⁰) *Ann. Sc. natur. Bot.*, 3ᵉ série, **6**, 1846, p. 373.

possèdent une humidité initiale de 6 % environ, représentant un apport de l'ordre de $50^{mg}$ d'eau facilement absorbés par le poids de base employé. Le vide enlève presque intégralement l'oxygène susceptible de provoquer l'altération des graines par la lente combustion de leurs réserves. Il est fait à la trompe à eau, non à la trompe à mercure, pour écarter l'influence de ce métal, qui d'ailleurs ne semble pas à craindre [C. de Candolle (11), V. Jodin (12), P. Becquerel (3)]. La pression d'air subsistante correspond à environ 1/40 d'atmosphère, soit à une quantité d'oxygène très minime ($0^{mg},05$). Si les graines se dessèchent rapidement, cette dernière demeurera et ne donnera lieu à aucune combustion sensible de matière; dans le cas contraire, elle produira des traces d'anhydride carbonique nuisibles, mais absorbées si rapidement par la chaux que les graines n'en subiront pas de dommage appréciable (13).

En mai 1922, 30 tubes sont préparés comme ci-dessus avec des graines de tabac de la Haute-Saône récoltées en 1921 et donnant en avril 1922 un taux de germination de l'ordre de 90 %.

Le 12 février 1943, on a pris au hasard, deux de ces tubes et l'on en a extrait les graines qui y étaient conservées depuis 20 ans et 9 mois; on a placé plusieurs centaines de ces dernières entre des doubles de papier à filtrer humide et d'autres, également en grand nombre, à très petite profondeur, dans du quartz grossièrement pulvérisé porté à 12 % d'eau, l'humectation étant réalisée avec de l'eau distillée dans un appareil en verre. Dans les deux cas les lots constitués ont été placés dans une étuve de Schribaux, maintenue à 28°, température optimum pour la germination des graines de tabac [L. Perreau (14)].

Le 18 février, des graines étaient germées aussi bien sur le papier à filtrer que dans le quartz. Le 22 février les plantules développées (la hauteur de leur tige atteignant déjà $10^{mm}$) étaient dans les proportions suivantes :

| | | Graines essayées. | Graines germées. |
|---|---|---|---|
| Tube I | *a* | 100..... | 92 |
| | | 345..... | 315 soit 91 % |
| | *b* | 100..... | 87 |
| Tube II | *a* | 100..... | 91 |
| | | 100..... | 92 |
| | *b* | 100..... | 91 |

*a*, sur papier à filtrer; *b*, dans quartz pulv.

Si l'on s'en réferre à la durée germinative moyenne des graines de tabac dans les conditions ordinaires (10 ans), ces chiffres montrent l'excellence du procédé de conservation essayé, manifestée encore par le taux de germination trouvé, qui est égal à celui des graines au début de l'expérience [90 % (15)].

---

(11) *Revue scientifique*, 4e série, 4, 1895, p. 321.

(12) *Comptes rendus*, 122, 1896, p. 1349.

(13) D'après P. Becquerel (3), l'azote n'a aucune influence sur la faculté germinative des graines.

(14) *Mémorial des Manufactures de l'État*, 3, 1906, p. 457.

(15) Il avait été préparé en 1922 un échantillon des mêmes graines, qui avait été conservé en sachet dans les conditions habituelles (endroit sec et obscur); malheureusement, lors du transfert du matériel expérimental de l'École d'application des Manufactures de l'État au Conservatoire des Arts et Métiers, ce sachet a disparu.

GÉODÉSIE. — *Déterminations de la Pesanteur dans le Sud-Est du Massif Central.* Note (¹) de M. PIERRE LEJAY.

| Station. | Longitude. | Latitude. | Altitude. | Date. | $g$. | $g_0$. | $g''_0$. | $\gamma'_0$. | $g_0 - \gamma'_0$. | $g''_0 - \gamma'_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | mètres | 1942 | gals | gals | gals | gals | mgals | mgals |
| St-Mathieu | 3.51,5 | 43.47,3 | 2122 | 21 août | 980,496 | 980,535 | 980,520 | 980,520 | + 15 | 0 |
| St-Martin | 3.44,1 | 43.47,6 | 186 | 22 » | ,477 | ,534 | ,513 | ,520 | + 14 | — 7 |
| Ganges | 3.41,6 | 43.56,3 | 155 | 22 » | ,479 | ,527 | ,510 | ,533 | — 6 | — 23 |
| La Baume-Auriol-Navacelles | 3.30,1 | 43.52,8 | 592 | 23 » | ,378 | ,560 | ,493 | ,528 | + 32 | — 35 |
| Col du Minier | 3.33,6 | 44. 3,1 | 1146 | 23 » | ,275 | ,629 | ,499 | ,544 | + 85 | — 44 |
| Aigoual | 3.34,3 | 44. 7,3 | 1554 | 23 » | ,196 | ,675 | ,500 | ,550 | +125 | — 50 |
| Valleraugue | 3.38,8 | 44. 4,8 | 349 | 24 » | ,430 | ,537 | ,498 | ,546 | — 9 | — 48 |
| St-André | 3.41,3 | 44. 9,3 | 431 | 24 » | ,427 | ,560 | ,511 | ,553 | + 7 | — 41 |
| Col du Mercou | 3.49,3 | 44. 4,8 | 567 | 24 » | ,395 | ,570 | ,506 | ,546 | + 24 | — 40 |
| St-Hippolyte | 3.51,6 | 43.57,9 | 165 | 25 » | ,497 | ,548 | ,530 | ,536 | + 12 | — 6 |
| Le Pradel | 4. 3,5 | 44.13,9 | 392 | 26 » | ,458 | ,579 | ,534 | ,560 | + 19 | — 26 |
| Pont de Montvert | 3.46,3 | 44.21,7 | 942 | 26 » | ,328 | ,619 | ,512 | ,571 | + 47 | — 59 |
| Mont Lozère | 3.44,9 | 44.27,2 | 1355 | 26 » | ,248 | ,666 | ,513 | ,580 | + 86 | — 66 |
| Villefort | 3.55,7 | 44.27,0 | 581 | 27 » | ,410 | ,589 | ,523 | ,579 | + 10 | — 56 |
| Auzon | 4.14,8 | 44.12,3 | 126 | 27 » | ,514 | ,553 | ,538 | ,557 | — 4 | — 19 |
| Euzet | 4.13,4 | 44. 4,2 | 132 | 27 » | ,510 | ,551 | ,536 | ,545 | + 5 | — 9 |
| St-Rémy | 4.50,4 | 43.47,0 | 106 | 28 » | ,503 | ,536 | ,524 | ,519 | + 16 | + 4 |
| St-Rémy | 4.50,4 | 43.47,0 | 106 | 9 sept. | ,503 | ,536 | ,524 | ,519 | + 16 | + 4 |
| Remoulins | 4.33,8 | 43.56,5 | 26 | 11 » | ,522 | ,530 | ,527 | ,534 | — 3 | — 6 |
| Lussan | 4.21,7 | 44. 9,3 | 245 | 11 » | ,495 | ,570 | ,543 | ,553 | + 17 | — 10 |
| Barjac | 4.21,1 | 44.18,5 | 178 | 11 » | ,513 | ,568 | ,548 | ,567 | + 1 | — 19 |
| Vallon | 4.24,0 | 44.24,3 | 113 | 12 » | ,535 | ,570 | ,557 | ,575 | — 5 | — 18 |
| Largentière-Montréal | 4.17,9 | 44.32,0 | 186 | 12 » | ,521 | ,579 | ,558 | ,587 | — 8 | — 29 |
| Valgorge | 4. 7,3 | 44.35,3 | 545 | 12 » | ,434 | ,602 | ,541 | ,592 | + 10 | — 51 |
| Le Bez | 4. 3,1 | 44.38,3 | 1230 | 12 » | ,304 | ,684 | ,545 | ,596 | + 87 | — 51 |
| Luc | 3.53,3 | 44.39,5 | 960 | 13 » | ,352 | ,649 | ,540 | ,598 | + 50 | — 58 |
| Chaudeyrac | 3.45,7 | 44.39,7 | 1155 | 13 » | ,318 | ,674 | ,543 | ,599 | + 75 | — 55 |
| Laubert | 3.38,1 | 44.34,9 | 1172 | 13 » | ,303 | ,664 | ,532 | ,591 | + 73 | — 59 |
| Mende | 3.30,0 | 44.31,0 | 732 | 13 » | ,391 | ,617 | ,534 | ,586 | + 31 | — 52 |
| La Borie | 3.21,0 | 44.14,8 | 968 | 13 » | ,328 | ,626 | ,517 | ,561 | + 65 | — 44 |
| Meyrueis | 3.25,6 | 44.10,8 | 699 | 14 » | ,377 | ,592 | ,513 | ,555 | + 37 | — 42 |
| Lanuejols | 3.22,8 | 44. 8,0 | 912 | 14 » | ,330 | ,612 | ,508 | ,551 | + 61 | — 42 |
| La Cavalerie | 3. 9,2 | 44, 0,5 | 794 | 14 » | ,358 | ,597 | ,507 | ,540 | + 57 | — 33 |
| Bois du Tour | 2.59,2 | 44.14,3 | 823 | 14 » | ,358 | ,612 | ,519 | ,560 | + 51 | — 41 |
| Laissac | 2.49,5 | 44.22,9 | 640 | 15 » | ,417 | ,614 | ,542 | ,573 | + 41 | — 31 |
| Pierrefiche | 2.56,6 | 44.26,6 | 600 | 16 » | ,414 | ,599 | ,531 | ,579 | + 20 | — 47 |
| St-Geniez-d'Olt | 2.58,4 | 44.27,9 | 425 | 16 » | ,443 | ,574 | ,526 | ,581 | — 6 | — 54 |
| Col de Lagarde | 3. 2,8 | 44.21,2 | 785 | 16 » | ,372 | ,615 | ,526 | ,571 | + 44 | — 45 |
| Le Relai | 3. 8,6 | 44.24,3 | 874 | 16 » | ,357 | ,626 | ,528 | ,575 | + 51 | — 47 |
| La Canourgue | 3.12,9 | 44.25,9 | 559 | 16 » | ,422 | ,594 | ,531 | ,578 | + 16 | — 47 |
| Col de Trébatut | 3.10,2 | 44.31,6 | 1100 | 17 » | ,322 | ,661 | ,537 | ,586 | + 75 | — 49 |
| Le Peyron | 3. 5,6 | 44.36,1 | 1288 | 17 » | ,278 | ,675 | ,529 | ,593 | + 82 | — 64 |
| Nasbinals | 3. 3,0 | 44.39,7 | 1174 | 17 » | ,301 | ,664 | ,531 | ,599 | + 65 | — 68 |
| Lasbros | 3.14,2 | 44.42,8 | 1117 | 17 » | ,319 | ,664 | ,538 | ,603 | + 61 | — 65 |
| Les Estrets | 3.21,3 | 44.44,5 | 929 | 18 » | ,356 | ,642 | ,537 | ,606 | + 36 | — 68 |
| Baraque de Bouviers | 3.31,4 | 44.45,6 | 1421 | 18 » | ,267 | ,705 | ,544 | ,607 | + 98 | — 63 |
| Grandrieu | 3.37,9 | 44.47,8 | 1152 | 18 » | ,331 | ,687 | ,556 | ,611 | + 76 | — 54 |
| Esplantas | 3.34,3 | 44.53,1 | 1091 | 18 » | ,348 | ,685 | ,561 | ,619 | + 66 | — 58 |
| Saugues | 3.33,1 | 44.57,6 | 966 | 19 » | ,381 | ,679 | ,570 | ,626 | + 53 | — 55 |
| Le Villard | 3.40,9 | 44.59,7 | 896 | 19 » | ,398 | ,674 | ,573 | ,629 | + 45 | — 56 |

(¹) Séance du 22 mars 1943.

| Station. | Longitude. | Latitude. | Altitude. | Date. | $g$. | $g_0$. | $g''_0$. | $\gamma'_0$. | $g_0-\gamma'_0$. | $g''_0-\gamma'_0$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | mètres | 1942 | gals | gals | gals | gals | mgals | mgals |
| Bains | 3.46,6 | 45. 0,6 | 966 | 19 » | ,380 | ,678 | ,569 | ,630 | + 48 | — 61 |
| Le Puy-Vals | 3.52,6 | 45. 1,8 | 647 | 22 » | ,446 | ,645 | ,572 | ,631 | + 14 | — 58 |
| Vorey | 3.54,9 | 45.11,1 | 540 | 22 » | ,491 | ,657 | ,596 | ,646 | + 11 | — 49 |
| Retournac | 4. 1,5 | 45.12,0 | 525 | 22 » | ,491 | ,653 | ,593 | ,647 | + 5 | — 54 |
| St-Georges | 3.54,4 | 45.16,5 | 915 | 22 » | ,430 | ,712 | ,609 | ,654 | + 58 | — 45 |
| St-Jean-d'Aubrignoux | 3.47,7 | 45.22,2 | 934 | 22 sept. | 980,442 | 980,730 | 980,624 | 980,663 | + 67 | — 38 |
| Arlanc | 3.43,7 | 45.25,0 | 606 | 22 » | ,518 | ,705 | ,637 | ,667 | + 38 | — 30 |
| St-Germain-l'Herm | 3.32,8 | 45.27,8 | 1030 | 23 » | ,426 | ,744 | ,627 | ,671 | + 73 | — 43 |
| Champagnac-le-Vieux | 3.30,5 | 45.21,4 | 862 | 23 » | ,460 | ,726 | ,628 | ,661 | + 64 | — 33 |
| Vals-le-Chestel | 3.31,5 | 45.16,9 | 580 | 23 » | ,509 | ,688 | ,622 | ,655 | + 33 | — 32 |
| Paulhaguet | 3.31,0 | 45.12,6 | 538 | 23 » | ,504 | ,670 | ,609 | ,648 | + 21 | — 39 |
| Lavoute-Chilhac | 3.24,6 | 45. 9,1 | 465 | 24 » | ,509 | ,652 | ,600 | ,643 | + 9 | — 43 |
| Rongeac | 3.33,9 | 45. 8,2 | 676 | 24 » | ,466 | ,674 | ,598 | ,641 | + 33 | — 43 |
| Fix | 3.39,4 | 45. 9,0 | 1082 | 24 » | ,383 | ,717 | ,595 | ,643 | + 74 | — 48 |
| Borne | 3.48,4 | 45. 6,4 | 781 | 24 » | ,429 | ,670 | ,581 | ,639 | + 31 | — 57 |
| Vals | 3.52,6 | 45. 1,8 | 647 | 24 » | ,444 | ,644 | ,571 | ,631 | + 13 | — 60 |
| Meyzoux | 4. 1,0 | 44.56,1 | 949 | 4 oct. | ,386 | ,679 | ,572 | ,623 | + 56 | — 51 |
| Ussel | 3.53,5 | 44.53,1 | 963 | 4 » | ,381 | ,678 | ,569 | ,619 | + 59 | — 50 |
| Lac d'Issarlès | 4. 3,9 | 44.49,1 | 1000 | 5 » | ,365 | ,673 | ,560 | ,613 | + 60 | — 52 |
| Gerbier-de-Jonc | 4.11,7 | 44.49,6 | 1235 | 5 » | ,324 | ,705 | ,565 | ,613 | + 91 | — 48 |
| Mezilhac | 4.21,2 | 44.48,6 | 1107 | 5 » | ,353 | ,694 | ,569 | ,612 | + 82 | — 42 |
| Le Cheylard | 4.26,4 | 44.54,7 | 464 | 5 » | ,489 | ,632 | ,579 | ,621 | + 10 | — 42 |
| St-Sauveur-de-Montagut | 4.34,7 | 44.50,5 | 245 | 5 » | ,523 | ,599 | ,571 | ,615 | — 16 | — 43 |
| Colombier-le-Vieux | 4.39,8 | 45. 4,1 | 454 | 6 » | ,507 | ,647 | ,595 | ,635 | + 11 | — 40 |
| Riotord | 4.23,0 | 45.12,4 | 825 | 6 » | ,444 | ,699 | ,605 | ,648 | + 51 | — 42 |
| St-Genest-Malifaux | 4.25,4 | 45.20,1 | 924 | 6 » | ,430 | ,715 | ,611 | ,659 | + 56 | — 48 |
| Mont-Pilat | 4.37,0 | 45.23,5 | 1190 | 6 » | ,382 | ,749 | ,614 | ,664 | + 84 | — 50 |
| Le Châtelard | 4.45,5 | 45.43,9 | 298 | 12 » | ,618 | – | – | – | – | – |
| | | | | 1943 | | | | | | |
| Le Châtelard | 4.45,5 | 45.43,9 | 298 | 5 janv. | ,618 | – | – | – | – | – |
| Villard-de-Lans | 5.33,0 | 45. 4,2 | 1026 | 8 » | ,357 | ,674 | ,558 | ,635 | + 38 | — 77 |
| La Tronche | 5.46,2 | 45.13,0 | 247 | 11 » | ,499 | ,575 | ,548 | ,649 | — 73 | —101 |
| St-Martin-le-Vinoux | 5.43,1 | 45.12,6 | 281 | 12 » | ,495 | ,581 | ,550 | ,648 | — 67 | — 98 |
| Lyon | 4.50,3 | 45.45,1 | 168 | 16 » | ,637 | ,689 | ,670 | ,697 | + 8 | — 26 |
| Le Châtelard | 4.45,5 | 45.43,9 | – | 21 » | ,618 | – | – | – | – | – |

## CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à chacune des deux places d'Astronome titulaire vacantes à l'*Observatoire de Paris*.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la détermination des éléments orbitaux des étoiles doubles spectroscopiques par la relation masse-luminosité*. Note de M. **Henry Berthomieu**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La relation masse-luminosité paraît suffisamment établie du point de vue numérique pour être utilisée à l'obtention de résultats nouveaux [1]. En

[1] Voir à ce propos G. Durand, *Comptes rendus* **200**, 1935, p. 1915; **202**, 1936, p. 1762 et *Annales Obs. de Toulouse*, **15**, 1939, p. 117, où l'on trouvera toutes indications relatives à la fonction $f(G)$ et au terme U dont il est question ici.

l'appliquant ici aux binaires spectroscopiques dont on connaît la *fonction des masses* et la parallaxe, je montre qu'elle détermine des valeurs maxima et minima des éléments (masses et magnitudes des composantes, inclinaison, grand axe de l'orbite absolue de la composante principale) et en permet le calcul pratique.

J'utilise la relation d'Eddington sous la forme $\mu = f(G)$; $\mu$ est la masse d'une étoile et G se déduit de sa magnitude absolue par addition d'un terme U fonction de la température, donc connu avec le type spectral.

Les données de l'observation sont : la magnitude absolue visuelle *totale* M, le spectre de la composante principale, c'est-à-dire le terme $U_1$, la fonction des masses

$$Q = \frac{\mu_2^3 \sin^3 i}{(\mu_1 + \mu_2)^2} \tag{1}$$

et le demi-grand axe minimum $l_1 = a_1 \sin i$. La solution s'appuie sur une propriété des magnitudes individuelles $M_1$ et $M_2$, liées à M par la relation qui exprime l'addition des éclairements quand les images sont confondues. Posant $M_1 = M + x$ et $M_2 = M + y$, on a

$$10^{-0,4x} + 10^{-0,4y} = 1, \tag{2}$$

relation symétrique en $x$ et $y$ qui entraîne, si $x \leqq y$ (ou $M_1 \leqq M_2$),

$$0 < x \leqq \zeta, \qquad y \geqq \zeta \qquad (\zeta = 2,5 \log 2).$$

Soient $u'$ et $u''$ respectivement le minimum et le maximum à déterminer d'une inconnue quelconque $u$ : on a d'abord $M'_1 = M$ et $M''_1 = M + \zeta = M'_2$. Appliquons la relation d'Eddington aux deux composantes :

$$\mu_1 = f(M + U_1 + x), \qquad \mu_2 = f(M + U_2 + y); \tag{3}$$

$f$ étant une fonction décroissante, la première équation (3) détermine $\mu''_1$ avec $x' = 0$ et $\mu'_1$ avec $x'' = \zeta$. La seconde, avec $y' = \zeta$, exprime $\mu''_2$ en fonction de $U_2$ inconnu, mais qu'on peut remplacer pratiquement par une valeur approchée ([2]). Vu l'identité fréquente des types spectraux chez les couples à deux spectres connus, j'adopte $U_2 = U_1$, d'où $\mu''_2 = \mu'_1$. Puis j'obtiens $\mu'_2$ par l'équation

$$f[M + U_1 + y(x)] = \mu_2[Q, f(M + U_1 + x)], \tag{4}$$

dont le second membre est la racine $\mu_2$ de (1) quand $\sin i = 1$. La résolution de (4) se fait par approximations successives; pour faciliter les calculs, on pose $q = Q/\mu_1$, $r = \mu_2/\mu_1$ et l'on se sert de deux tables : l'une de la fonction $r(q)$ définie par l'équation (1) réduite, $q = r^3/(1 + r^2)$; l'autre de la fonction $y(x)$ définie par (2). En même temps que $\mu'_2$, s'obtiennent $y''$ et $M''_2$ : soit $\varphi$ la fonc-

([2]) La correction U reste très petite en valeur absolue pour les spectres courants, et l'erreur due à son indétermination est en général négligeable.

tion inverse de $f$; on a $M''_2 = \varphi(\mu'_2) - U_1$ (³). Enfin, l'équation (1) résolue par rapport à $\sin i$ détermine, pour $\mu_1 = \mu'_1$ et $\mu_2 = \mu''_2$, le minimum $i'$ de l'inclinaison : $\sin^3 i' = 4Q/\mu'_1$ (puisque $\mu''_2 = \mu'_1$). Les bornes de $a_1$ sont donc $a'_1 = l_1$ et $a''_1 = l_1/\sin i'$.

*Condition de possibilité.* — Avec $U_2 = U_1$, la condition $\mu'_2 \leqq \mu''_2$ implique $4Q \leqq \mu'_1$; il est donc facile, dès le début, de s'assurer de la possibilité d'évaluer $\mu_2$. De fait, l'inégalité $q'' \leqq 1/4$ est, en général, largement satisfaite. Si, par exception, $q''$ est $> 1/4$, l'hypothèse sur $U_2$ ne peut être maintenue; je ramène alors la condition à la forme $U_2 \leqq U''_2$, avec $U''_2 = \varphi(\mu'_2) - M - \zeta$. Suivant que $U''_2$ correspond ou non à un type spectral réel, l'application de la relation d'Eddington aux 2 composantes est encore possible ou incompatible avec les données.

*Précision des résultats.* — J'ai appliqué la méthode à 159 couples spectroscopiques en utilisant les orbites du 4ᵉ Catalogue de Moore (⁴) et les parallaxes du Catalogue de Schlesinger (Yale, 1935). La solution, basée sur la petitesse de l'intervalle $M''_1 - M'_1 = 0{,}75$, détermine $\mu_1$ avec une précision supérieure à celle des autres éléments. Pour caractériser l'incertitude, je me sers du rapport $\rho = \delta\mu_1/\mu_1$, où $\mu_1$ est la moyenne de $\mu'_1$ et $\mu''_1$, et $\delta\mu_1$ l'écart entre cette moyenne et chacune des bornes $\mu'_1$ et $\mu''_1$. On constate que $\rho$ varie peu avec G, et reste de l'ordre de 10 %. Quant aux erreurs provenant des données, il faut tenir compte surtout de celle, $\Delta M$, due à la parallaxe, prépondérante devant $\Delta U_1$. On a $\Delta G'_1 = \Delta G''_1$, et comme en général $f(G)$ est sensiblement linéaire dans l'intervalle $(G'_1, G''_1 + \Delta G''_1)$, la Table $\mu = f(G)$ donne $\Delta\mu''_1 = \Delta\mu'_1$ : ainsi, les erreurs d'observation n'altèrent pas le rapport $\rho$. Par contre ces erreurs affectent inégalement les bornes assignées aux éléments autres que $\mu_1$, d'où un *intervalle d'incertitude* variable suivant les couples et, pour un même couple, suivant les parallaxes utilisées.

## HYDRAULIQUE. — *Sur différentes propriétés physiques de la houle.* Note de MM. Jean Laurent et Henri Gridel, présentée par M. Henri Villat.

A l'occasion de recherches sur modèles réduits relatives à des aménagements portuaires, nous avons été amenés à examiner de très près certaines propriétés de la houle qui, jusqu'à ce jour, n'avaient été que peu ou pas étudiées. L'un de nous, dans un compte rendu de travaux fait il y a près d'un an, avait d'ailleurs signalé l'intérêt, tant théorique que pratique, qui s'attache à l'étude de ces questions. Depuis cette époque nous avons poursuivi au laboratoire plusieurs séries d'expériences ayant pour objet de préciser nos connaissances sur ce sujet.

(³) La fonction $y(x)$ étant décroissante, on a aussi $x' = x(y'')$ et $M'_1 = M + x'$, d'où $\mu''_1 = f(M + U_1 + x')$, mais il vaut mieux s'en tenir à la borne $x' = 0$ afin d'évaluer $\mu''_1$ sans faire jouer l'application de la relation d'Eddington à la 2ᵉ composante.

(⁴) *Lick Obs. Bull.*, 18, n° 483, 1936, p. 5.

Une première série d'essais a eu pour but de confirmer des expériences faites par de Caligny, relatives aux courants et contre-courants engendrés par la houle dans le sein de la masse liquide où celle-ci se propage. De Caligny avait indiqué que, lorsqu'on établit une houle très creuse dans un canal expérimental à profondeur constante, on constate l'existence d'un courant de surface qui s'établit dans la direction où la houle se propage. Il avait décelé également, sur le fond de la cuve d'essais, un courant de même sens, presque aussi important que le courant de surface, un contre-courant compensateur s'établissant à mi-hauteur de la masse liquide. Aucune confirmation de ces essais n'avait été donnée jusqu'à ce jour, et même certains auteurs mettaient en doute les résultats obtenus par de Caligny. C'est pourquoi nous avons repris en détail ces expériences en nous attachant à les réaliser avec toute la rigueur scientifique désirable.

Les déplacements liquides ont été matérialisés, soit à l'aide des petites sphères de buis de diamètre et de densité différents, soit par des injections de substances colorées effectuées à différentes hauteurs dans la cuve d'essais. Les expériences ont entièrement confirmé les observations faites antérieurement par de Caligny; l'emploi de sphères de buis légèrement plus lourdes que l'eau et de diamètres différents a permis de montrer que le courant sur le fond intéresse une zone de hauteur extrêmement réduite. En effet, si de petites billes sont entraînées dans le sens du courant, par contre des sphères de diamètre plus grand, sous l'effet combiné du courant dans le fond et du contre-courant intermédiaire, sont soit maintenues en place, soit au contraire déplacées vers l'amont de la maquette, avec des vitesses d'entraînement qui sont fonctions du diamètre même des billes.

Étant donné l'intérêt très grand que présentent ces phénomènes, nous poursuivons, à l'heure actuelle, toute une série d'expériences systématiques afin de déceler la direction et l'importance des courants qui s'établissent à différentes hauteurs dans le liquide, en fonction des caractéristiques de la houle.

On peut faire varier la pente du fond de la cuve de façon à contrôler, dans la mesure où cela sera possible, les théories de Cornaglia relatives au flot de fond, théories qui semblent en corrélation avec les résultats obtenus par de Caligny.

Dans un autre ordre d'idées, nous avons été frappés de l'analogie qui existe entre la propagation, dans les liquides, des mouvements de houle, et la propagation ondulatoire de la lumière; la plupart des propriétés de la lumière se retrouvent dans la houle : réflexion, diffraction, interférence etc. Cela nous a conduits à examiner si la houle obéissait également aux lois de la réfraction. L'indice de réfraction de la lumière entre deux milieux étant, comme on le sait, le rapport de ses vitesses de propagation dans ces deux milieux, nous avons réalisé, dans une cuve expérimentale, deux zones à profondeur différente, mais constante dans chacune d'elles, séparées par une arête rectiligne, le

rapport des célérités de la houle dans les deux zones devant constituer l'indice de réfraction recherché; le phénomène s'est bien présenté comme nous l'avions prévu, et l'analogie avec les phénomènes lumineux étudiés par Fresnel s'est parfaitement maintenue. Comme pour la lumière, lorsque le mouvement se propage de la zone peu profonde vers la zone plus profonde, une partie de l'énergie contenue dans la houle ne passe pas du premier dans le second milieu; il donne alors lieu à la création d'une houle réfléchie qui, se composant avec la houle incidente, provoque la formation d'un réseau stationnaire; si la ligne de séparation des deux milieux est suffisamment inclinée sur la direction de propagation de la houle, on peut observer un phénomène de réflexion de la houle analogue à la réflexion totale de la lumière se propageant, par exemple, de l'eau dans l'air.

Ce phénomène, à notre connaissance, n'avait encore jamais été décelé pour la houle. De plus, alors que, dans le phénomène lumineux, on ne peut observer ce qui se passe à la limite en raison de la très faible longueur d'onde des rayons lumineux, par contre, la longueur d'onde de la houle ayant des dimensions notables, on peut observer, à la ligne de séparation des deux zones, la propagation d'ondulations parasites qui, d'ailleurs, du fait de la viscosité de l'eau, s'amortissent très rapidement, et qui, très vraisemblablement, existent aussi dans la réfraction de la lumière.

HYDRAULIQUE. — *Surpression engendrée par la fermeture d'une vanne papillon à la suite d'une rupture des organes de commande.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous considérons le cas d'une vanne papillon, placée à l'extrémité aval d'une conduite de vidange et débitant librement dans l'atmosphère, sans contre-pression aval. Pour éviter toute tendance à oscillations, dans les diverses positions d'ouverture, et, pour augmenter l'étanchéité de la fermeture, les constructeurs réalisent généralement ce type de vannes, de telle sorte que le couple hydraulique agissant sur le papillon tende sans cesse à fermer celui-ci. Par suite, dans le cas d'une rupture des organes de commande consécutive à une cause quelconque (rupture accidentelle, sabotage, bombardement, etc.), le papillon se ferme très rapidement en engendrant dans la conduite une surpression très élevée et particulièrement dangereuse.

Le calcul de ce *coup de bélier* ne peut être fait par les méthodes classiques, du fait que la surpression produite à chaque instant influe sur la fermeture de la vanne et que cette dépendance mutuelle de la loi de fermeture et de la surpression complique nettement le problème. Nous allons montrer qu'il est toutefois possible, en associant à la méthode graphique de M. Bergeron un calcul aux différences finies, d'obtenir, de proche en proche, en fonction du temps, les positions successives de la vanne et la valeur de la pression juste à l'amont de celle-ci, jusqu'à la fermeture complète.

Nous négligeons les variations de pression dues à la mise en vitesse et aux pertes de charge, à l'intérieur de la conduite. Nous admettons que la rupture des commandes libère entièrement le papillon, solidaire ou non du secteur d'entraînement, et nous désignons par I le moment d'inertie de la partie tournante.

L'étude sur modèle réduit de la vanne permet d'évaluer (D. Gaden, *Schweizer Bauzeitung*, 21 et 28 mai, 4 juin 1938), pour le type de papillon adopté :

1° Le couple C, compte tenu de l'excentricité éventuelle de l'axe des tourillons d'une part, et des frottements à l'intérieur de ceux-ci d'autre part; si $y$ désigne la pression dans la conduite, juste en amont de la vanne, à l'instant considéré, et $\theta$ l'angle définissant la position du papillon, ce couple C, proportionnel à $y$, est de la forme

$$C = y f(\theta), \tag{1}$$

la fonction $f(\theta)$ étant donnée par les essais sur modèle.

2° Le débit Q, ou, d'une façon plus précise, la fonction $\lambda(\theta)$ de la relation

$$y = Q^2 . \lambda(\theta) \tag{2}$$

qui existe entre $y$ et Q, la constance des contractions, quand la charge varie, entraînant la proportionnalité de la charge au carré du débit, pour chaque valeur de $\theta$.

Soient L la longueur de la conduite;

$a$, la vitesse de la propagation des ondes;

$\mu = (2L/a)$, la durée d'un aller et retour d'onde d'un bout à l'autre de la conduite;

$\omega = (d\theta/dt)$, la vitesse instantanée de la rotation de la vanne;

$\theta_0$, $\theta_f$, la valeur initiale de $\theta$ et la valeur correspondant à la fermeture.

Nous partageons le temps en une série d'intervalles $\Delta t$, sous-multiples de $\mu$, par exemple, dans le cas de la figure,

$$\Delta t = \frac{\mu}{8}.$$

Considérons le $n^{\text{ième}}$ intervalle $\Delta t$ : soient $\theta_{n-1}$, $y_{n-1}$, $\omega_{n-1}$ les valeurs de $\theta$, $y$, $\omega$ au début de l'intervalle et $C_{n-1}$ la valeur correspondante de C, calculée au moyen de la relation (1); on a

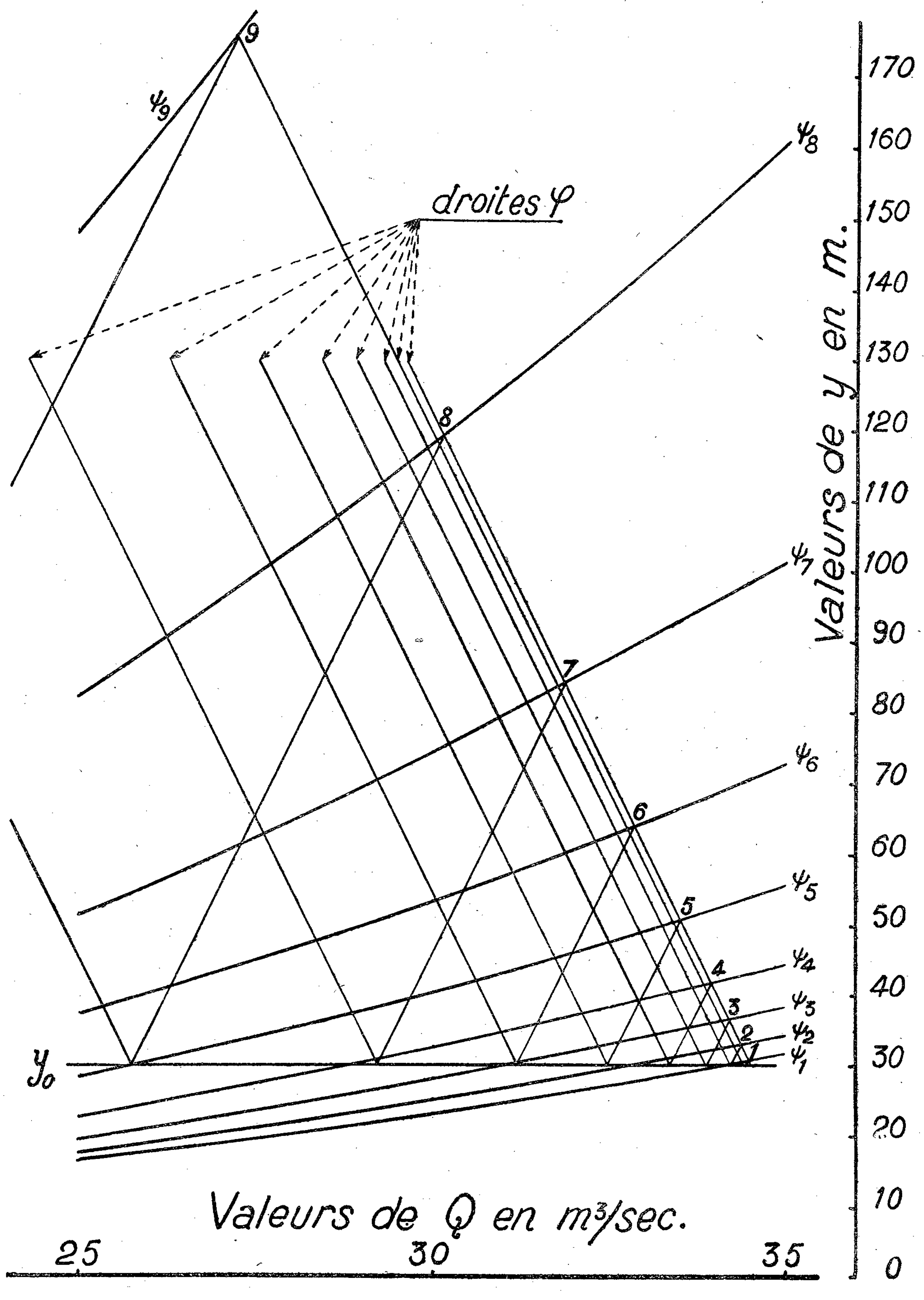
$$C = I\frac{d\omega}{dt}$$

et, par suite, en passant aux différences finies,

$$\Delta\omega = \frac{C_{n-1}}{I}\Delta t, \tag{3}$$

relation qui permet de calculer $\Delta\omega$.

En interpolant linéairement, on trouve, pour la rotation $\Delta\theta$ de la vanne




durant l'intervalle $\Delta t$ considéré, la valeur

$$\Delta\theta = \left(\omega_{n-1} + \frac{\Delta\omega}{2}\right)\Delta t. \tag{4}$$

La vanne occupe donc, à la fin de l'intervalle, une position définie pour la valeur $\theta_n$ de $\theta$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \Delta\theta.$$

L'intersection de la parabole

$$y = Q^2\lambda(\theta)$$

avec la droite $\varphi$ correspondante du graphique de M. Bergeron donne alors le point de fonctionnement à la fin de l'intervalle considéré, c'est-à-dire $y_n$.

$y_n$, $\theta_n$, $\omega_n = \omega_{n-1} + \Delta\omega$ étant ainsi connus, on peut appliquer la méthode à l'intervalle suivant. En opérant ainsi, de proche en proche, depuis l'instant de la rupture, pour lequel

$$\omega_{n-1} = 0, \qquad y_{n-1} = y_0, \qquad \theta = \theta_0$$

jusqu'à la fermeture complète, pour laquelle

$$\theta = \theta_f, \qquad Q = 0,$$

on détermine les courbes $y(t)$ et $\theta(t)$ cherchées.

Dans le cas particulier étudié sur la figure, à une pression statique $y_0 = 30^{\text{m}}$ correspond une pression maxima de $783^{\text{m}}$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extinction des courants d'induction dans une sphère conductrice. Applications géophysiques.* Note de M. **Louis Cagniard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans un Mémoire souvent cité par les géophysiciens [1], Lamb montra avec une grande généralité que, si des courants électriques quelconques ont été engendrés dans une sphère conductrice à une époque donnée, l'extinction du phénomène est extraordinairement lente, d'autant plus lente que le rayon R, la conductibilité électrique $\sigma$ et la perméabilité magnétique sont plus grands.

Cependant, lorsqu'on se pose un problème particulier et qu'on doit préciser les conditions initiales, la solution de Lamb n'est guère utilisable, car elle implique le calcul de séries, d'une convergence parfois très médiocre, dont chaque terme est lui-même une intégrale de Fourier.

Une telle complexité n'est pas surprenante, puisqu'aux difficultés inhérentes à l'étude des *régimes transitoires* se superposent les complications habituelles aux problèmes de ce genre, lorsqu'ils s'appliquent à une *sphère*. On sait par exemple que d'importants problèmes de physique mathématique, tels que celui de la propagation des ondes séismiques dans le Globe ou celui de la diffraction d'une onde électromagnétique par une sphère (arc-en-ciel, couronnes etc.) n'ont reçu jusqu'ici que des solutions qui ne sauraient satisfaire complètement les géophysiciens.

Ce serait donc un grand progrès que de parvenir à exprimer la solution de

---

(1) H. Lamb, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 174, 1883, p. 519.

problèmes de ce type à l'aide de formules qui, tout en restant rigoureuses, permettraient de calculer numériquement d'une façon pratique toutes les circonstances des phénomènes.

C'est principalement dans ce but d'une portée générale que j'ai repris à titre d'exemple typique le problème de Lamb, en me donnant les conditions initiales suivantes. La sphère fut placée dans un champ magnétique uniforme d'intensité $H_0$ à une époque suffisamment reculée dans le passé pour que l'équilibre électrodynamique puisse être considéré comme atteint à l'origine des temps. A l'époque $t = 0$, on supprime instantanément le champ excitateur $H_0$, ce qui n'a d'ailleurs de sens que si l'on pose, avec Lamb, que la vitesse de la lumière peut être considérée comme infinie. On se propose d'étudier les courants d'induction qui prennent alors naissance ainsi que le champ électromagnétique de ces courants.

Je parviens au résultat cherché en employant la méthode de Carson, dont j'ai fait naguère plusieurs applications (²).

Je montre ainsi par exemple que, pour $t > 0$, le champ magnétique *extérieur* est identique à celui d'un aimant infiniment court situé au centre de la sphère et dont le moment magnétique, en supposant $\mu = 1$, a pour intensité

$$M = \frac{3H_0R^3}{\pi^2}\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{n^2}e^{-\frac{n^2\pi^2}{4s^2}}\right)$$
$$= \frac{H_0R^3}{2}\left[1 - \frac{3}{s\sqrt{\pi}} + \frac{3}{4s^2} + 3\sum_{n=1}^{\infty}\left(4n\int_{2ns}^{\infty}e^{-x^2}dx - \frac{2}{s\sqrt{\pi}}e^{-4n^2s^2}\right)\right],$$

si l'on pose

$$s = R\sqrt{\frac{\pi\sigma}{t}}.$$

A condition de choisir tantôt l'une, tantôt l'autre des deux séries ci-dessus, la convergence est toujours si rapide que l'on peut presque se borner au premier ou aux deux premiers termes lorsqu'on ne désire pas une précision extrême.

Des formules d'une simplicité similaire expriment les composantes du champ magnétique, de la densité de courant etc., à l'intérieur de la sphère et permettent de discuter le phénomène dans ses moindres détails. Je me borne à signaler que, pour des valeurs de $R\sqrt{\pi\sigma/t}$ supérieures à quelques dixièmes, on atteint pratiquement un régime asymptotique dans lequel toutes les grandeurs décroissent exponentiellement, leurs expressions comportant le facteur commun $e^{-\frac{\pi t}{4\sigma R^2}}$. Dans le régime asymptotique, le champ magnétique est maximum au centre de la sphère, où son intensité est 6,580 fois plus grande

(²) Cf. par exemple L. CAGNIARD, *Réflexion et réfraction des ondes séismiques progressives*, Paris, 1939.

que celle du champ équatorial à la surface de la sphère. Le champ s'annule le long d'un cercle du plan équatorial de rayon 0,663 R. Les lignes de force du champ magnétique, situées dans les plans méridiens, se referment autour de ce cercle.

Dans la présente théorie, rien ne s'oppose, *au contraire*, à ce que le champ magnétique terrestre puisse être attribué, pour la plus grande part, à l'existence de courants induits en voie d'extinction. A titre d'exemple, on satisfait aux conditions avec une Terre vieille de 150 millions d'années, un champ originel de 25 gauss, un noyau terrestre non magnétique de $3500^{km}$ de rayon dont la conductibilité serait 37 fois plus grande que celle du cuivre.

La théorie pourrait d'ailleurs faire l'objet de vérifications cruciales, si elle était vraiment applicable; c'est-à-dire *si la Terre était immobile*. On en trouverait le moyen dans l'étude des courants électriques océaniques et l'on pourrait lever en partie l'incertitude qui affecte le choix des paramètres arbitraires.

La théorie ne sera vraiment intéressante, au point de vue géophysique, que si l'on parvient à mener jusqu'au bout les calculs dans l'hypothèse d'un globe animé d'un mouvement de rotation. Il n'est pas exclu d'espérer que cette théorie plus complète pourrait englober dans un même système d'explication le magnétisme terrestre, les déplacements des pôles magnétiques, les variations séculaires, les courants telluriques et marquer un progrès essentiel dans la connaissance des régions profondes de la Planète.

## ÉLECTRONIQUE. — *Sur la stabilité de l'électron.*

Note de M. **Émile Brylinski.**

Considérons deux charges électriques $q$, égales et de même signe, à la distance $r$, se déplaçant dans une direction perpendiculaire à la droite qui les joint et dans le même sens, d'un mouvement rectiligne et uniforme de vitesse $v$. Elles exerceront l'une sur l'autre une répulsion électrostatique égale à $(1/\varepsilon)(q^2/r^2)$. Par contre leur mouvement crée entre elles une attraction électrodynamique égale à $\mu(q^2 v^2/r^2)$ et, si $m$ est leur masse au repos commune, il s'y ajoute l'attraction newtonienne $(1/k)[m^2/(1-\beta^2)r^2]$.

Pour que la somme des attractions l'emporte sur la répulsion électrostatique, il faut et il suffit que

$$(1)\qquad (1-\beta^2)(1-\varepsilon\mu v^2) < \frac{\varepsilon}{k}\frac{m^2}{q^2}.$$

Si le mouvement a lieu dans le vide, on a

$$\varepsilon\mu v^2 = \frac{v^2}{c^2} = \beta^2,$$

et la condition (1) s'écrira

$$(1\ bis)\qquad 1-\beta^2 < \frac{m}{q}\sqrt{\frac{\varepsilon}{k}}.$$

Il est facile de voir que cette condition reste la même si, au lieu d'avoir affaire à deux charges, on a deux files de charges équivalant à deux courants rectilignes indéfinis.

Si le rapport $m/q$ est le même que pour l'électron la condition (1 *bis*) donnera

$$1 - \beta^2 < \frac{1}{2} 10^{-21},$$

et, par conséquent,

$$\beta > 1 - \frac{1}{4} 10^{-21}. \tag{2}$$

La vitesse $v$ devrait donc être extrêmement voisine de celle de la lumière.

Passons au cas de l'électron en rotation sur lui-même. Deux des charges infiniment petites, en lesquelles on peut par la pensée diviser la charge totale, décriront des circonférences parallèles pour lesquelles nous admettrons que la condition (1) subsiste comme dans le cas où le rayon de ces circonférences croît indéfiniment.

La condition (2) donnerait alors des vitesses de grandeur peu probable. Mais l'électron n'est pas le vide et, s'il est vraisemblable que sa perméabilité magnétique soit sensiblement égale à celle du vide, il l'est également que sa constante diélectrique soit supérieure à celle du vide, comme cela a lieu pour tous les corps matériels.

Si donc $\varepsilon'$ est le pouvoir spécifique de l'électron

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}, \tag{3}$$

la condition (1) deviendra

$$(1 - \beta^2)(1 - \varepsilon'\beta^2) < \frac{\varepsilon'}{4} 10^{-42}, \tag{4}$$

c'est-à-dire

$$\beta^2 > \frac{1}{\varepsilon'} - \frac{1}{4} \frac{\varepsilon'}{\varepsilon' - 1} 10^{-42}.$$

Il est d'ailleurs vraisemblable que le terme numérique du second membre soit complètement négligeable devant $1/\varepsilon'$, de sorte que la condition de stabilité de l'électron devient

$$\beta > \frac{1}{\sqrt{\varepsilon'}}. \tag{5}$$

Dans cette manière de voir, il est inutile de faire appel à la pression spéciale de Henri Poincaré, ni même à l'attraction newtonienne des éléments constitutifs de l'électron, dont la stabilité résulte simplement de sa rotation sur lui-même à très grande vitesse.

Il est remarquable que cette conception entraîne la variabilité de volume de l'électron car toute variation, si petite soit-elle, de la vitesse $v$ entraîne une variation de la force électrodynamique de cohésion et, par conséquent, une variation probable de volume de l'électron.

Ces considérations fournissent également une explication admissible de la dématérialisation de l'électron. En effet toute diminution un peu importante (sans qu'elle soit nécessairement considérable) de la vitesse de rotation de l'électron fait prédominer les forces électrostatiques de répulsion sur les forces attractives de cohésion de sorte que les éléments constitutifs de l'électron se dispersent dans l'espace et que l'électron est détruit.

ÉLECTRONIQUE. — *Sélection des gerbes de rayons cosmiques par des compteurs de surface variable.* Note de M. **Jean Daudin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

I. La densité d'une grande gerbe de l'air est par définition le nombre de corpuscules par unité de surface. Si l'on fait l'hypothèse que toutes les grandes gerbes sont du même type, c'est-à-dire ont la même densité moyenne, celle-ci pourra être mesurée par la fréquence avec laquelle des gerbes repérées par deux compteurs éloignés frapperont un 3<sup>e</sup> compteur.

Il est clair, comme on l'a souligné de divers côtés [1], que l'hypothèse n'est pas valable. Soient deux compteurs à $3^m$ l'un de l'autre. Ils sont frappés par des gerbes d'énergie et donc de densité très variable, et en outre ils sont situés dans des zones très variables de ces gerbes, qui ont une densité décroissante du centre vers les bords.

Donc la densité mesurée par le rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles n'est qu'une espèce de densité moyenne dont la définition doit être examinée de plus près.

II. J'avais montré [*Thèse* (*Annales de Physique*, 1942)] que, en laissant provisoirement de côté le facteur position des compteurs dans la gerbe, la seule existence d'un spectre continu d'énergies primaires et donc de densités entraîne la conséquence suivante :

Deux compteurs ne sont pratiquement touchés simultanément que par des gerbes assez denses pour avoir une probabilité élevée de frapper chacun des compteurs. Le 3<sup>e</sup> compteur n'a donc à répondre qu'à de telles gerbes et le rapport triples sur doubles sera toujours inférieur à l'unité, mais de l'ordre de l'unité.

En somme des compteurs sélectionnent des gerbes comprises dans une bande d'énergie relativement étroite, dont la position dépend de la surface des compteurs.

Il était important de vérifier ce résultat théorique, très vraisemblable bien qu'il n'ait été établi qu'au moyen d'une simplification excessive.

III. *Avec les compteurs.* — Si la mesure de la densité de la portion de gerbe

---

(1) Auger, Maze, Ehrenfest et Fréon, *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 39 ; Gorodetzky, Chanson et Denamur, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 166.

dépend de la surface des deux premiers compteurs, le rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles devra être indépendant de la surface absolue des trois compteurs supposés identiques. Au contraire, si la mesure de la densité des gerbes a un sens absolu, le 3e compteur sera frappé avec une fréquence dépendant de sa surface absolue et non de sa surface relative par rapport à celle des deux autres.

En fait nous avons enregistré à $1000^{m}$ d'altitude, avec des compteurs Philips de $100^{cm^2}$ de surface, 8,9 coïncidences doubles à l'heure moins 2,3 fortuites à l'heure et 2,15 coïncidences triples, d'où un rapport triples/doubles égal à (32,5 + 4 %).

Avec des compteurs de 200 à $250^{cm^2}$, nous avons enregistré 20,2 doubles, 5,08 fortuites et 4,15 triples à l'heure, d'où un rapport de 26,7 % ± 4 %. Ce rapport peut être augmenté de 12 % au plus parce que le rendement des grands compteurs a été trouvé inférieur au plus de cette proportion à celui des Philips.

Donc les deux rapports sont respectivement

$$32,5 + 4\,\% \quad \text{et} \quad 29,6 \pm 4\,\%,$$

égaux à la précision des mesures.

Si la densité avait un sens absolu, on aurait dû trouver 45 % dans le 2e cas.

IV. *Chambre de Wilson.* — Commandons la détente d'une chambre de Wilson par un système de trois compteurs. Et comptons les trajectoires des grandes gerbes sur les clichés. Si nous prenons maintenant des compteurs de surface double, nous devons enregistrer des gerbes en moyenne moins fournies et compter moins de rayons sur nos clichés.

| Nombre de clichés contenant...... | 0. | 1. | 2. | 3. | 4-5. | 6-9. | 10 et plus trajectoires |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Compteurs $100^{cm^2}$ (%).......... | 12,5 | 20 | 12,5 | 12,5 | 21 | 10 | 11 sur 80 clichés |
| Compteurs $200^{cm^2}$ (%).......... | 28 | 29 | 15 | 14 | 7 | 4 | 4 sur 108 clichés |

La répartition est déplacée vers les faibles densités dans la 2e série.

Sur les clichés commandés par trois compteurs de $100^{cm^2}$, il y a en moyenne 4,3 trajectoires; sur ceux commandés par trois compteurs de $200^{cm^2}$, il y a en moyenne 2,44 trajectoires seulement. Pour les trajectoires assez diffusées les nombres moyens sont 1,15 et 0,91 ($\sim 10^5$ eV) et pour les trajectoires très molles 0,77 et 0,60 ($\sim 10^4$ eV).

*Conclusion.* — Il est donc certain que la densité moyenne d'une portion de gerbe enregistrée par un système de compteurs varie à peu près en raison inverse de la surface des compteurs. La densité mesurée est donc une grandeur qui dépend de l'instrument d'observation. Elle n'a de sens qu'en valeur relative, le nombre moyen de particules tombant sur le 3e compteur varie très peu avec la surface, pourvu que les surfaces des trois compteurs soient identiques. Cette conclusion, presque intuitive, gagne à être vue clairement. La conséquence la plus importante est qu'il devient impossible d'affirmer

qu'une trajectoire est réellement isolée. Il paraît fort probable, à la lueur des connaissances récentes sur la production des mésotons dans les gerbes explosives et dans les gerbes de l'air, que les trajectoires réellement isolées doivent être la minorité parmi les rayons cosmiques et que l'association, la gerbe est le fait général.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Création de circuits complémentaires, électriquement indépendants, dans les transports d'énergie à très haute tension.* Note de MM. **Hippolyte** et **Maurice Parodi**, présentée par M. Alfred Caquot.

Il existe, en fait, dans les lignes électriques à très haute tension, une *disponibilité* de section de conducteur, qui tient à ce que le diamètre extérieur des conducteurs est déterminé non par des conditions d'échauffement, mais par des conditions de tension entre phases et de pertes dans le diélectrique que constitue l'air ambiant. Cette disponibilité peut être utilisée en superposant, dans un même conducteur, des courants appartenant à des circuits différents; ce résultat peut être obtenu en créant, dans un système de lignes principales de transport d'énergie, un système complémentaire de circuits, électriquement distinct du système principal, mais ayant avec lui des conducteurs communs. Ces circuits complémentaires à courants forts sont analogues aux circuits fantômes utilisés depuis longtemps dans les systèmes de lignes à courants faibles. Cette superposition peut être faite avec des courants de fréquence, de tension, de forme d'onde, de nombre de phases différents ou égaux. Dans le cas de trois lignes triphasées principales $L_1(A_1B_1C_1)$, $L_2(A_2B_2C_2)$, $L_3(A_3B_3C_3)$, il est possible de constituer trois circuits complémentaires $L_4(A_1B_2C_3)$, $L_5(A_2B_3C_1)$, $L_6(A_3B_1C_2)$, en formant chacun de ces circuits avec des conducteurs choisis, un dans chacune des lignes principales.

Des dispositions analogues peuvent être réalisées dans le cas d'un nombre quelconque de lignes monophasées ou polyphasées, un ou plusieurs conducteurs additionnels pouvant être installés de manière à accroître le nombre des combinaisons.

C'est ainsi que, dans le cas de deux lignes triphasées, on peut en ajoutant un septième conducteur, constituer trois circuits électriquement distincts; en ajoutant deux conducteurs en constituer quatre. Les puissances naturelles de ces circuits réels ou fantômes étant sensiblement les mêmes, on voit qu'avec des additions de poids de conducteur de 16,6 % (un fil) ou 33,3 % (deux fils), on réalise des augmentations de la capacité de transport de 50 % ou de 100 % respectivement. L'addition de deux conducteurs aux six prévus pour une ligne double à 220 kV, actuellement à l'étude, ferait passer la puissance naturelle du système de $2 \times 120000$ kW $= 240000$ kW à environ $4 \times 120000 = 480000$ kW; un accroissement de poids de métal conducteur de 33,3 % procurerait un accroissement de puissance de 100 %.

En mettant une phase à la terre et en remplaçant le ou les câbles de terre par des câbles actifs, on peut, avec sept câbles actifs, former, en même temps que trois circuits indépendants, l'écran protecteur et le *contrepoids* des lignes.

OPTIQUE. — *Étude de la bande de fluorescence* 3350 Å *émise par la vapeur de mercure éclairée par des radiations ultraviolettes*. Note de M. **Robert Lennuier** et M^lle **Yvonne Crenn**, présentée par M. Aimé Cotton.

La vapeur de mercure présente deux bandes principales de fluorescence; l'une d'elles s'étend de 5300 Å à 4350 Å environ et possède un maximum d'intensité vers 4850 Å; l'autre s'étend de 3600 Å à 3000 Å environ, avec un maximum d'intensité vers 3350 Å. Sous l'effet d'un rayonnement ultraviolet, des paires d'atomes à l'état fondamental $^1S_0+{}^1S_0$ (paires de Van der Waals) sont excitées à l'état de molécules $^1S_0+{}^3P_1$ à fort couplage; l'émission de la bande de fluorescence ultraviolette 3350 Å accompagne le retour à l'état normal de ces molécules $^1S_0+{}^3P_1$. Un petit nombre d'entre elles peut, sous l'effet d'un choc, être porté à l'état $^1S_0+{}^3P_0$ d'énergie moindre; le retour à l'état normal des molécules $^1S_0+{}^3P_0$ est accompagné de l'émission de la bande visible 4850 Å. Cette dernière a fait l'objet d'une étude de la part de l'un de nous [1]. Nous avons ensuite étudié la fluorescence ultraviolette 3350 Å et cherché comment varie son intensité en fonction de la pression de la vapeur de mercure et de la fréquence des radiations excitatrices.

I. *Variation de l'intensité en fonction de la pression*. — La formation de molécules excitées $^1S_0+{}^3P_1$ et leur retour direct à l'état normal avec émission de la bande 3350 Å, font prévoir que l'intensité de celle-ci doit être proportionnelle au carré du nombre des atomes éclairés. Nous avons d'abord cherché à vérifier ce point.

Le mercure, contenu dans un tube en croix, est éclairé par une lampe Philora HP500 à vapeur de mercure qui émet fortement dans le proche ultraviolet jusqu'à 2480 Å. La région de la raie de résonance du mercure 2537 Å présente un renversement de quelques angströms précédé d'une bande continue intense de 2560 à 2542 Å environ. La pression de la vapeur de mercure dans la lampe Philora utilisée étant de plusieurs dizaines d'atmosphères, les radiations émises ne subissent plus qu'une absorption très faible à travers la vapeur du tube en croix, où la pression ne dépasse pas l'atmosphère et l'épaisseur traversée 4^cm. La fluorescence est observée dans un spectrographe à deux prismes de quartz. Le spectre obtenu est photographié pour diverses pressions de la vapeur, et les variations relatives de son maximum d'intensité sont mesurées par les procédés ordinaires de photométrie photographique. Nos résultats sont contenus dans le tableau suivant, où $p$ désigne la pression de la

(1) R. Lennuier, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 169.

vapeur évaluée en cm de mercure, T sa température absolue, I l'intensité de la fluorescence évaluée en unité arbitraire. La dernière ligne montre que I est proportionnelle à $(p/T)^2$, donc au carré du nombre des atomes éclairés. La pression variant de 7 à 60$^{cm}$, l'écart ne dépasse pas 15 %.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $p$........ | 61. | 53. | 30. | 20. | 16,5. | 11. | 7,5. |
| T........ | 650. | 643. | 608. | 581. | 575. | 554. | 547. |
| I.................. | 0,948 | 0,535 | 0,218 | 0,102 | 0,074 | 0,034 | 0,016 |
| $I \times (T/p)^2 \times$ const.. | 1,15 | 0,86 | 0,96 | 0,93 | 0,97 | 0,93 | 0,89 |

II. *Variation de l'intensité en fonction de la fréquence des radiations excitatrices.* — La pression et la température de la vapeur de mercure étant maintenues constantes (60$^{cm}$ et 380°C.), celle-ci est éclairée avec une lumière monochromatique isolée du rayonnement de la lampe Philora par le spectrographe utilisé en monochromateur. La fluorescence est photographiée directement à travers un filtre pyrex 597 qui, ne transmettant que les radiations comprises entre 3000 et 4000 Å, élimine la fluorescence visible. La courbe de répartition de l'énergie dans le spectre de la lampe Philora utilisée est déterminée par photométrie photographique en prenant pour spectre étalon celui du cratère positif d'un arc au charbon assimilé au corps noir à 3500° K. Les énergies contenues dans les bandes spectrales étroites isolées par le monochromateur sont alors connues en valeurs relatives; les variations d'intensité de la fluorescence 3350 Å, excitée successivement par ces divers rayonnements, sont mesurées photométriquement.

De 3130 à 2544 Å, l'efficacité des radiations excitatrices varie dans le rapport de 1 à 20000 environ; cette large échelle de variation est une source de difficultés dans les mesures, et des erreurs de l'ordre de 15 à 20 % sont possibles.

Le tableau suivant indique les valeurs relatives R de l'efficacité définie comme le rapport entre l'intensité de la fluorescence 3350 Å et l'énergie du rayonnement excitateur, en fonction de la longueur d'onde de ce dernier.

Les valeurs de log R et de $\log(\nu_0 - \nu)$ où $\nu$ représente en cm$^{-1}$ le nombre d'ondes du rayonnement excitateur, $\nu_0$ celui de la raie de résonance 2537 Å, ont été calculées en vue de l'interprétation des résultats, qu'il me reste à faire connaître.

| λA. | R. | log R. | $\log(\nu_0 - \nu)$. | λA. | R. | log R. | $\log(\nu_0 - \nu)$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3130 Å... | 0,3 | −0,52 | 3,87 | 2609 Å... | 330 | 2,52 | 3,04 |
| 2967..... | 1,0 | 0,00 | 3,76 | 2570..... | 500 | 2,70 | 2,71 |
| 2893..... | 2,3 | 0,36 | 3,68 | 2563..... | 900 | 2,95 | 2,59 |
| 2805..... | 15 | 1,17 | 3,57 | 2557..... | 900 | 2,95 | 2,50 |
| 2752..... | 22 | 1,34 | 3,49 | 2550..... | 1650 | 3,23 | 2,32 |
| 2699..... | 41 | 1,62 | 3,37 | 2546..... | 3300 | 3,52 | 2,16 |
| 2652..... | 180 | 2,25 | 3,23 | 2544..... | 4500 | 3,65 | 2,08 |
| | | | | 2480..... | 35 | 1,54 | |

*Remarques.* — *a.* L'existence d'une excitation très nette par des radiations

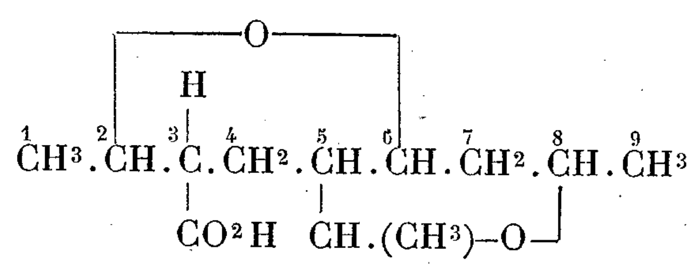
de plus courte longueur d'onde que la raie de résonance 2537 Å, telle que la raie 2480 Å, a été établie avec certitude; mais le mécanisme de l'excitation par de telles radiations reste obscur parce qu'elle correspond à l'absorption d'une énergie beaucoup plus grande que celle qui est mise en jeu par la transition $^1S_0 \rightarrow {}^3P_1$ d'un atome isolé ou perturbé.

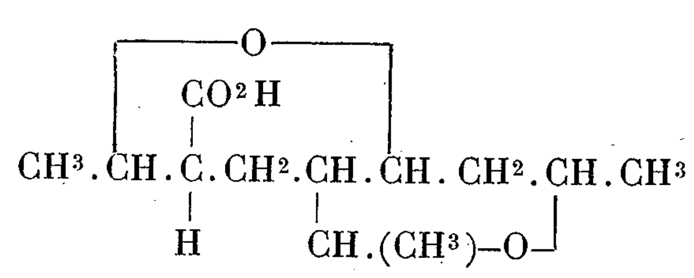
*b.* Un rayonnement de longueur d'onde 3300 Å produit encore une très faible excitation dans les conditions de nos expériences; mais l'intensité de la fluorescence ainsi produite était trop faible pour être mesurable avec notre montage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux acides diastéréoisomères bisépoxy-*(2.6, 8.5₁) *éthyl-*5 *nonane carboxyliques-*3, $C^{12}H^{20}O^4$. *Isomérisation et saponification de leurs amides.* Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide bisépoxy-(2.6, 8.$5_1$) éthyl-5 nonène-3 carboxylique-3, $C^{12}H^{18}O^4$, en présence de nickel Raney, s'isomérise partiellement [1] en l'acide bisépoxy-(2.6, 8.$5_1$) éthyl-5 nonène-2 carboxylique-3. L'acide initial qui n'a pas subi l'isomérisation se retrouve en partie inchangé et en partie hydrogéné, 10 à 15 % environ, grâce à l'hydrogène apporté par le catalyseur même.

Dans de nouvelles expériences, où j'avais surtout en vue l'obtention des acides hydrogénés (I) et (II), les opérations furent effectuées sur le sel de sodium, $C^{12}H^{17}O^4Na$, dissous en quatre parties d'eau, en présence de nickel et d'hydrogène à la température et à la pression ambiantes. En 2 heures d'agitation, la solution a absorbé 80 % de la quantité d'hydrogène calculée pour une molécule. Après essorage et lavage du catalyseur, la solution fut traitée par l'acide chlorhydrique jusqu'à précipitation complète de l'acide isomérisé, $C^{12}H^{18}O^4$; on en retire 20 %, c'est-à-dire à peine la moitié de la quantité produite en l'absence d'hydrogène moléculaire. De la solution filtrée, traitée par un excès d'acide chlorhydrique, on retire par extraction à l'éther un mélange de deux acides, qu'on isole à l'état pur par des cristallisations fractionnées dans le mélange éther-éther de pétrole. L'un de ces acides fond à 117° et l'autre à 140° (fus. inst.); ce sont les deux isomères prévus par les schémas (I) et (II), analogues à ceux obtenus lors de l'hydrogénation de l'époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 dans des conditions semblables [2].

(I) 

 (II)

(1) M. Badoche, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 142.
(2) M. Delépine et M. Badoche, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 745.

*Acide* F 140°. — Il se dépose en premier lieu, dans la proportion de 60 % du mélange, à l'état de cristaux massifs, facilement solubles dans les solvants organiques, moins dans l'éther de pétrole. Dissous dans 13 fois son poids d'eau bouillante, cet acide cristallise avec une molécule d'eau. P. M. 247,2; calculé pour $C^{12}H^{20}O^{4}.OH^{2}$, 246,1; F 77-78°. Cette eau de cristallisation part lentement dans le vide à 80-100°, en même temps que le produit s'altère en formant une sorte de vernis. Pour obtenir l'acide anhydre sans altération, il faut le purifier par cristallisations répétées dans des solvants anhydres, éther, éther de pétrole; il fond alors à 140°. P. M. 228,7 au lieu de 228,2; C % 63,46; H % 9,10. Calc. 63,11 et 8,83. Solubilité en 100 parties d'eau à 16° 0,71.

*Acide* F 117°. — Il a été retiré du solvant de purification de son isomére sous forme de cristaux en aiguilles. Rendement 40 %. C % 62,58; H % 8,76; solubilité en 100 parties d'eau à 16° 0,25. Dissous dans 30 fois son poids d'eau bouillante, l'acide cristallise ensuite avec une molécule d'eau, F 86° (fus. inst.). P. M. 247; chauffé dans le vide à 80-100°, au lieu de 7,31 % calculé, il perd 7,39 % de son poids sans s'altérer; devenu anhydre, il fond à 116-117° (fus. inst.).

*Bisépoxy-* (2.6, $8.5_1$) *éthyl-5 nonane carbonylamides-3*, $C^{12}H^{21}O^{3}N$. — L'identification des deux acides isomères a été parachevée par la transformation en amides. Ceux-ci ont été obtenus en faisant réagir l'ammoniaque sec sur la solution éthérée des chlorures d'acides correspondants.

*Amide de l'acide* F 140°. — Rendement 65 %; recristallisé dans 10 fois son poids de benzène, l'amide se dépose en fines aiguilles feutrées fondant vers 84°. Dans le vide à 70-95°, ces cristaux subissent une perte de poids de 13,47 %, calc. $C^{12}H^{21}O^{3}N$, $1/2\,C^{6}H^{6}$; 14,65; F 111° (désolvaté). Solubilité en 100 parties d'eau à 15° 7,2; N % 6,15, théorie 6,16.

*Amide de l'acide* F 117°. — Rendement 92 %; aiguilles dans l'acétone F 239-240°. Solubilité en 100 parties d'eau à 15° 1,63; N % 6,15.

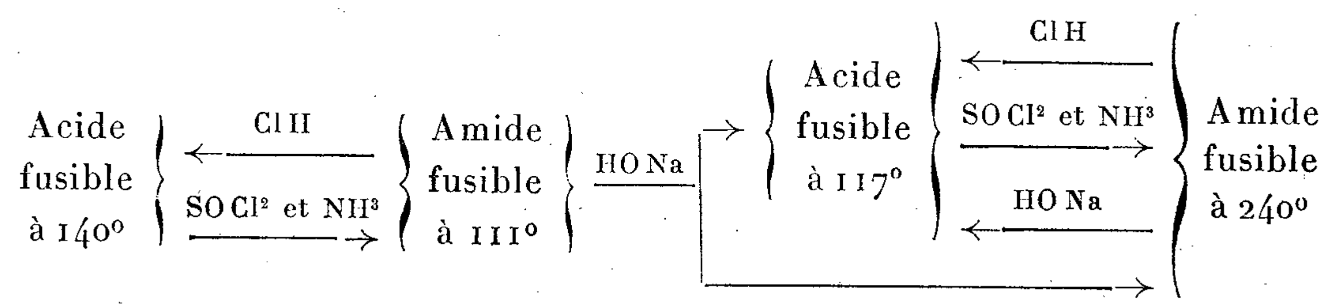
*Saponification des amides*. — L'opération avait pour but de vérifier si elle s'effectuerait avec isomérisation, ainsi qu'on l'avait constaté en différentes occasions et notamment avec les époxy-2.6 heptane carbonylamides-3. On apporterait ainsi une nouvelle confirmation de l'existence de la forme énolamine envisagée précédemment avec M. Delépine. L'expérience a montré que, des deux amides, celui fus. à 111° est très sensible à l'action de la lessive de soude, que l'isomérisation va plus vite que la saponification et la précède; ce fait est analogue à celui observé avec le *d*-phényléthylacétamide, qui se racémise d'abord et se saponifie ensuite. Avec une solution à 10 %, d'amide fus. à 111°, l'isomérisation, se produisant sans saponification notable, est terminée à 100° en 4 heures avec $0^{mol},5$ de soude 0,2 *n* et en 15 minutes avec $8^{mol}$ de soude 3*n*; l'amide F 240°, peu soluble, cristallise dans la solution bouillante. En prolongeant l'ébullition de la solution 3*n*, on note un dégagement lent d'ammoniac qui n'est total qu'au bout de 10 heures. L'acide régénéré est presque uniquement celui fus. à 117°, avec moins de 1 % de l'autre isomère.

De cette constatation il résulte que la saponification de l'amide fus. à 240° doit forcément conduire à son acide générateur fus. à 117°. En fait l'expérience a confirmé cette prévision.

Enfin on a vérifié que d'une part la saponification des deux amides par l'acide chlorhydrique 2*n* s'effectue sans isomérisation, et d'autre part que

l'ébullition des sels avec un grand excès de soude $3n$($4^{mol}$ pour $1^{mol}$ d'acide) laisse les acides inaltérés. C'est donc bien à l'ensemble, alcali plus amide, qu'il faut rapporter le genre d'isomérisation ici relaté.

Les transformations dont il vient d'être question peuvent être rassemblées dans le schéma




GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le tracé de la Durance dans le Gapençais.* Note de M. **Jean Chardonnet**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Le cours alpin de la Durance a un tracé complexe, comportant des sections synclinales (dans le Briançonnais, le val de Guillestre, le bassin de Valensole) et des sections anticlinales (dans les dômes évidés par inversion, Embrunais, bassin de Laragne). La traversée du Gapençais par la Durance ne peut, par contre, s'expliquer ni par une adaptation à la structure, ni par une antécédence, mais par une histoire morphologique comprenant d'importantes modifications hydrographiques.

*Tracé et structure.* — A sa sortie de l'Embrunais, la Durance aurait pu, soit se fixer dans l'ondulation synclinale transversale qui sépare les dômes de Gap et de Barles, soit évider une combe anticlinale dans le dôme de Gap. Négligeant ces deux adaptations structurales possibles, elle s'est établie sur la retombée méridionale du dôme.

Trois accidents structuraux seulement ont pu contribuer à y fixer l'hydrographie secondaire : 1° à l'aval la cuvette de Lettret-Tallard, bien dessinée dans le Jurassique inférieur; 2° à l'amont la petite inflexion synclinale du Rousset; 3° dans la région de Rémollon et d'Espinasses, de petites dislocations Est-Ouest, marquées par des dykes éruptifs de spilite localisés aux abords de la vallée : accidents secondaires d'extrusion, limités, sans continuité et qui ne peuvent, à eux seuls, être à l'origine d'une vallée comme celle de la Durance.

*Hypothèse de l'antécédence.* — La Durance se serait-elle fixée dans son cours actuel avant la surrection du dôme de Gap? L'adaptation précise de la vallée durancienne à l'anticlinal d'Embrun évidé en combe, à l'amont du Gapençais, obligerait alors à supposer que le dôme de Gap s'est constitué après la mise en place des nappes de l'Embrunais. Or les multiples replis de leur front, face au Gapençais, prouvent que, dans leur épanchement, elles ont rencontré un môle qui leur a servi de butoir et a provoqué l'empilement des écailles (au Morgon par exemple). Le dôme de Gap est antérieur et non postérieur aux nappes de

charriages qu'il a arrêtées et canalisées. L'hypothèse de l'antécédence est donc à rejeter.

*Ancien cours de la Durance par Chorges et Gap.* — Il faut admettre que la Durance a jadis emprunté le sillon Chorges-Gap-Tallard, tandis que son cours actuel était préparé par l'érosion d'affluents. Ce sillon constitue une vaste dépression monoclinale, dont la continuité sur $40^{km}$ autour du dôme de Gap suppose la continuité d'un ancien drainage, actuellement partagé entre des cours d'eau secondaires : torrent des Halles, Avance, Luye, Rousine. Les niveaux des cols qui séparent ces quatre vallées s'abaissent en effet régulièrement vers l'aval : Col de Chorges $900^m$, col de La Bâtie-Neuve $858^m$, col de la Tourronde $818^m$, et se raccordent par des séries continues de replats à la fois sur les flancs du Gapençais et au pied du col Bayard. Le thalweg ainsi restitué a une pente moyenne de 5,2 ‰. On peut en suivre la continuation vers l'amont par de beaux replats montant de $980^m$ dans l'Embrunais à $1080^m$ dans la région de Guillestre.

Notons enfin que les volumes de la vallée ancienne, calculés dans les mêmes terrains oxfordiens entre les courbes 1000 et 1500, et sur la même longueur en amont et en aval de Chorges, sont presque équivalents. Une rivière ayant une puissance d'érosion voisine de celle de la Durance actuelle s'est donc, au cycle de Chorges, écoulée par le sillon périphérique du Gapençais.

*Capture et dislocation de l'ancienne Durance.* — La dislocation de l'ancienne artère fluviale a été préparée par une capture sur l'emplacement de la Durance actuelle, opérée par un affluent de la Durance de Gap qui confluait avec elle vers Tallard et élargissait son bassin vers Rémollon. La victime de la capture a été un petit affluent, né avec le caractère d'un ru fixé par l'inflexion du Rousset sur le crêt jurassique de la bordure orientale du dôme gapençais.

L'avantage de la rivière de Tallard-Rémollon se comprend si l'on reconstitue la surface d'aplanissement qui a nivelé ce dôme vers $1500\text{-}1600^m$; la bande de Lias schisteux qui affleurait au Sud (le Lias calcaire n'étant pas encore découvert) s'est prêtée à la formation d'une dépression monoclinale à peu près exactement sur le cours actuel de la Durance en amont de Lettret-Rémollon. Lors de la reprise d'érosion cette bande fut affouillée, tandis qu'au Sud se dégageait une côte de Jurassique; il est possible aussi que de petites dislocations Est-Ouest aient eu une influence sur la position de la rivière. Ainsi fixée, celle-ci se trouva être prisonnière du socle de Lias calcaire quand elle a commencé à l'entamer et n'a pu continuer son glissement monoclinal. Profitant des conditions faciles d'affouillement qu'offraient les noyaux de Trias d'ondulations anticlinales secondaires où elle développait l'inversion du relief, elle poussa ainsi ses têtes de source jusqu'à réduire à une crête étroite le partage des eaux avec le ru torrentiel du Rousset. La capture se produisit au cours d'une crue ou d'une débacle interglaciaire. Une nouvelle voie s'ouvrait pour la Durance, notablement plus courte que celle du sillon périphérique par Gap

et par conséquent de pente plus forte. Rien d'étonnant à ce qu'elle ait été préférée. L'ancienne voie abandonnée, les affluents de la nouvelle Durance, Avance et Luye notamment, devaient morceler le drainage du sillon.

On peut admettre que le détournement de la Durance est postérieur au Pliocène, dont les poudingues dominent les replats de Chorges au plateau de Corréo, et antérieur à la dernière invasion glaciaire, qui a tapissé de dépôts la vallée actuelle dans la région d'Espinasses.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Spectre auroral de la molécule d'azote.* Note de M^me **Renée Herman**, présentée par M. Charles Fabry.

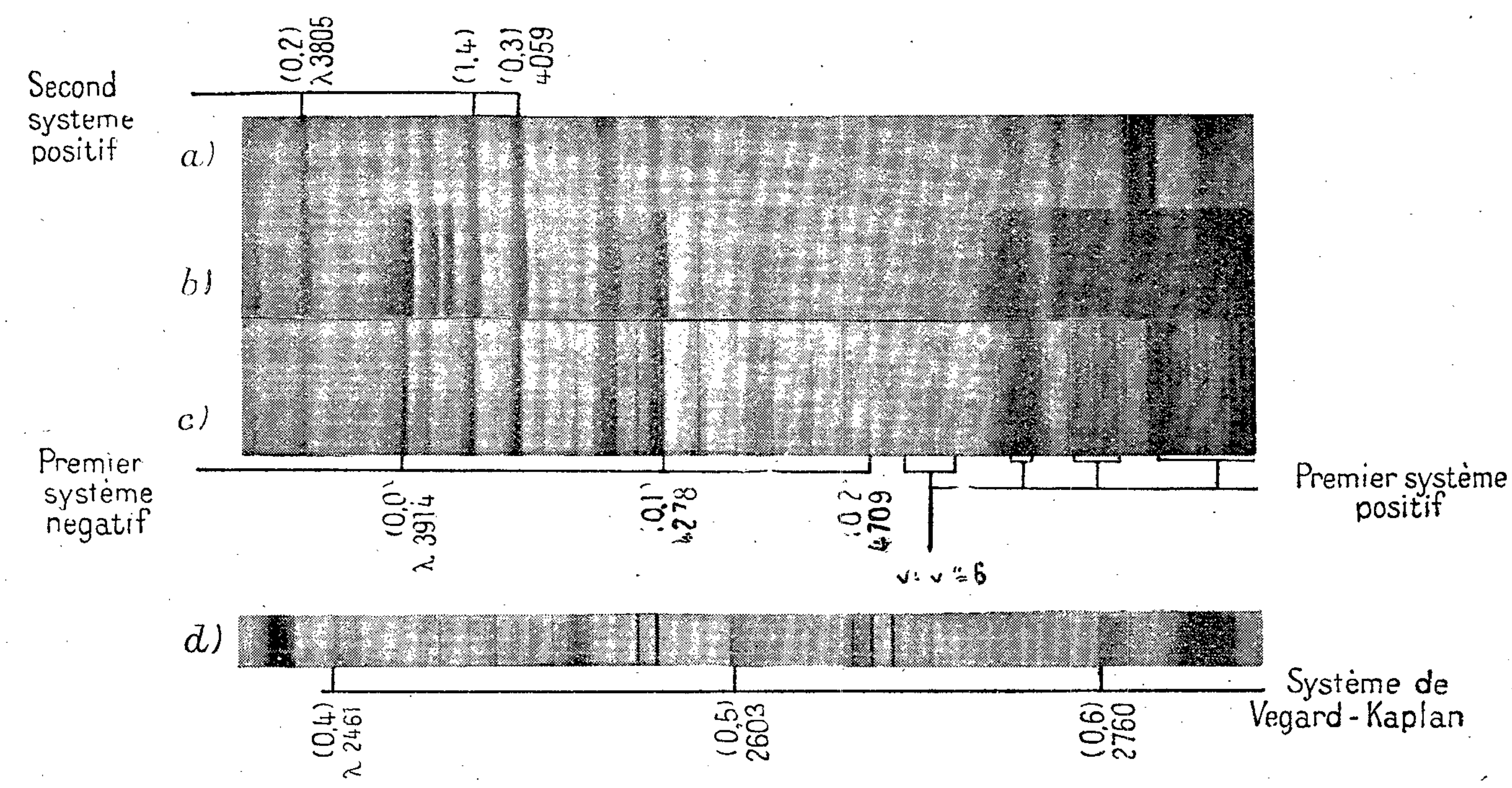
On sait que le spectre de l'aurore polaire se compose essentiellement de raies de l'atome d'oxygène et des principaux systèmes de bandes de la molécule d'azote. Parmi ces derniers les bandes négatives sont de beaucoup les plus intenses; viennent ensuite le second et le premier groupe positif; enfin les bandes de Vegard-Kaplan, qui sont les moins intenses.

On a cherché depuis longtemps à reproduire au laboratoire l'aspect particulier de cette luminescence en observant le spectre de l'azote soit pendant le passage du courant électrique dans le gaz, soit après, en phosphorescence. C'est ainsi que lord Rayleigh trouve le premier groupe négatif sans le second groupe positif en excitant l'azote par un faisceau de rayons cathodiques. La distribution d'intensité serait toutefois différente de celle trouvée dans l'aurore (¹). Plus tard J. Kaplan a cru avoir reproduit les conditions de l'excitation de l'émission aurorale dans de l'azote renfermant des traces d'oxygène sous une pression de 5 à 10$^{mm}$ de mercure et une tension d'excitation de 25000 volts (²). Le même auteur a réussi à exciter les bandes négatives en phosphorescence sous une pression d'azote de 10 à 20$^{mm}$ de mercure (³). Ce résultat a été contesté par G. Cario et U. Stille, qui n'ont pu obtenir cette phosphorescence et ont été amenés à penser que, dans les expériences de Kaplan, le rayonnement de la décharge directe n'a pas été entièrement éliminé (⁴). Opérant par décharge en haute fréquence, D. B. Neill et K. F. Harvey ont constaté également l'impossibilité de reproduire les conditions dans lesquelles Kaplan faisait apparaître cette phosphorescence et en particulier les bandes de Vegard-Kaplan (⁵).

Ayant réussi à exciter en phosphorescence le premier groupe positif de l'azote avec une exaltation considérable des niveaux élevés de vibration de l'état électronique $B^3\Pi_g$ (les bandes observées vont jusqu'à $v'=26$, $v''=20$ dans la séquence $v'-v''=6$), nous avons photographié le même spectre dans le bleu et le violet à l'aide d'un disque tournant permettant d'examiner le ballon après interruption du courant dans le circuit du secondaire (⁶). La

(¹) *Proceed. Royal Society*, **101**, 1922, p. 114.
(²) *Phys. Rev.*, **42**, 1932, p. 807.
(³) *Phys. Rev.*, **45**, 1934, p. 671; **54**, 1938, p. 176.
(⁴) *Zeits. für Physik*, **102**, 1936, p. 317; **107**, 1937, p. 396; U. Stille, *Zeits. für Physik*, **109**, 1938, p. 491.
(⁵) *Philosophical Magazine*, **26**, 1938, p. 502.
(⁶) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 506.

fréquence des interruptions ne dépassait pas une ou deux par seconde. Pour atteindre le régime normal correspondant au maximum de brillance, il est en effet nécessaire de maintenir la tension aux bornes du ballon pendant un temps suffisant. Le spectrographe utilisé avait deux prismes en flint dense et un objectif ouvert à $f$ : 1,5. La reproduction ci-dessous (spectre $b$) montre un




spectre obtenu avec une pose de trois heures et une fente correspondant à 2/100 de millimètre sur la plaque. Afin de s'assurer que la phosphorescence est bien due aux phénomènes qui se produisent au sein même du gaz et non aux charges parasites, nous avons fait un second spectre semblable au premier mais en ayant soin de court-circuiter les électrodes du ballon immédiatement après chaque interruption. Le spectre obtenu est reproduit au-dessus du précédent (spectre $a$). On constate que le premier groupe négatif est toujours présent (très faible sur la reproduction). On remarque en outre que le premier groupe positif et le premier groupe négatif sont plus faibles par rapport au deuxième groupe positif dans le spectre $a$. On voit également que le spectre de la décharge « globale » (spectre $c$) présente peu de différence avec celui de la phosphorescence. Ces variations d'intensité viennent probablement de la décharge des ions moléculaires métastables dans le circuit extérieur. Ceci serait en accord avec l'hypothèse selon laquelle ces ions participeraient à l'excitation de la molécule d'azote.

On a, en réalité, deux phosphorescences différentes superposées : 1° l'une, celle de lord Rayleigh (retrouvée par Cario et Stille), composée des bandes $\alpha$ du premier système positif (excitation sélective) et du second groupe positif, et 2° l'autre constitué par le premier groupe négatif et le premier groupe positif, ce dernier sans excitation sélective, mais avec une répartition d'intensités de bandes correspondant à une température très élevée.

Ne disposant pas d'appareil lumineux en quartz, nous n'avons pu examiner

le spectre ultraviolet de la phosphorescence. Si l'on augmente la tension aux bornes du ballon, la lueur verte se réduit sensiblement. Par contre la brillance de la décharge directe augmente en changeant d'aspect et l'on peut la photographier avec un appareil peu lumineux. La reproduction *d* montre que les bandes de Vegard-Kaplan à niveau de vibration $v'=0$ de $A^3\Sigma_u^+$ sont très intenses.

En résumé, le spectre de la phosphorescence « verte » de l'azote se compose de tous les systèmes trouvés dans l'émission aurorale, mais avec une répartition d'intensité qui s'en écarte notablement.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Étude de la région* D *de l'ionosphère.* Note de M. **René Rivault**, présentée par M. Charles Maurain.

Les variations rapides du champ électrique, dues à une décharge entre deux nuages orageux ou entre un nuage et le sol, peuvent être mises en évidence au moyen de l'oscillographe à rayons cathodiques. Les composantes élémentaires de ces variations sont désignées sous le nom d'atmosphériques et l'oscillographe permet de les caractériser par leurs formes. Celles-ci se modifient quand la distance *d* du récepteur à la source varie. Si *d* est supérieur à une cinquantaine de kilomètres, l'atmosphérique se présente sous la forme d'un train d'oscillations amorties, 3 à 6 en général, de pseudopériodes croissant de 100 $\mu$s environ pour la première oscillation, à 500 $\mu$s pour la dernière, soit des fréquences correspondantes de 10000 et 2000 p : s.

Les oscillogrammes sont souvent compliqués par la déformation des crêtes d'amplitude ou l'apparition de crêtes nouvelles. Laby (1) et Schonland (2) expliquent ces anomalies par la superposition à l'atmosphérique, propagé par voie directe, le long du sol, d'ondes provenant de réflexions successives de la perturbation entre le sol et l'ionosphère. Les hauteurs virtuelles *h* de la région réfléchissante, déduites des oscillogrammes, varient de 53 à $82^{km}$ : les réflexions se produisent sur la région D de l'ionosphère, dont l'altitude, déterminée par d'autres procédés, est voisine de $70^{km}$.

Comme l'exploration directe de l'ionosphère met en jeu des moyens qui ne sont pas toujours disponibles, nous avons pensé pouvoir l'entreprendre par l'intermédiaire des atmosphériques. Ceux-ci, captés par une antenne, attaquent un amplificateur résistance-capacité à réponse linéaire entre 150 et 80000 p : s; les fréquences plus élevées sont éliminées par un filtre passe bas. Les tensions de sortie, symétriques, sont appliquées à une paire de plaques d'un tube à rayons cathodiques, l'autre paire étant utilisée pour le balayage. Celui-ci est provoqué par l'atmosphérique lui-même au moyen d'un déclencheur auto-

(1) Laby et *alii, Proc. Royal Soc.*, A, **174**, 1940, p. 145.
(2) Schonland et *alii, Nature*, **143**, 1939, p. 893.

matique de balayage, décrit ailleurs ([3]); dès que l'amplitude du signal dépasse une certaine valeur de seuil, réglable, le spot, maintenu obscur par une polarisation suffisamment négative de la grille du tube cathodique, devient lumineux à pleine intensité pendant que se produit un balayage unique de l'écran et dans un seul sens. Les oscillogrammes sont ainsi enregistrés un à un, le fonctionnement de l'appareil photographique étant produit par le déclencheur lui-même. Le début de l'oscillogramme, d'amplitude inférieure à celle nécessaire au déclenchement, est néanmoins enregistré grâce à l'emploi d'une ligne artificielle à retard. Tout ce dispositif vise à l'économie du film et à la sélection des atmosphériques.

Les intervalles de temps séparant les arrivées des différents échos, dus à une même perturbation, sont lus sur l'oscillogramme : ils croissent avec le nombre des réflexions successives et tendent vers une limite égale à $2h/c$, $c$ étant la vitesse de propagation, prise, en première approximation, égale à celle de la lumière. Nous avons élaboré des abaques permettant de déterminer rapidement $h$ et $d$ à partir de cette répartition des temps.

Les interprétations des résultats sont quelquefois difficiles, car les foyers orageux sont généralement multiples. Il se trouve cependant qu'il n'existe qu'un seul foyer isolé. C'est ainsi qu'un soir de juillet, vers 21 heures T.M.G., tous les oscillogrammes obtenus en l'espace d'une demi-heure comprenaient des échos multiples particulièrement nets, et s'accordaient pour situer (avec une valeur de $d$ comprise entre 340 et $380^{km}$) la hauteur virtuelle de la région D à $75^{km}$, à $2^{km}$ près.

Quand plusieurs foyers agissent simultanément, les oscillogrammes correspondants sont obtenus entremêlés et permettent de connaître les valeurs de $h$ et $d$ relatives à chacun d'eux; la manœuvre du seuil du déclencheur permet, dans une certaine mesure, de les séparer en n'enregistrant que ceux dont l'amplitude est la plus grande. Il est à noter que, lorsque le dépouillement, à l'aide des abaques, fournit des valeurs de $d$ et $h$ cohérentes pour l'un des foyers, il en est de même pour tous les autres. S'il arrive au contraire que, malgré l'amplitude et la netteté des échos, il soit impossible d'obtenir des résultats plausibles, cela se produit pour tous les foyers, comme si $h$ variait rapidement et irrégulièrement : les abaques, établis en supposant la région D plane, ne sont plus utilisables.

Nous n'avons jusqu'ici jamais observé de réflexions multiples avant le coucher du Soleil, mais seulement pendant les heures nocturnes. Le nombre et l'amplitude des échos successifs ne sont pas liés à la fréquence et à l'intensité des atmosphériques : il arrive que l'on obtienne, sur un même oscillogramme, deux atmosphériques d'amplitude et de forme comparables; l'un, généralement le second, à la suite duquel on peut compter jusqu'à une ving-

([3]) RIVAULT et HAUBERT, *Revue Générale de l'Électricité*, 51, avril 1942, p. 259.

taine d'échos d'amplitude régulièrement décroissante, alors que l'autre n'est suivi d'aucune réflexion.

Enfin, nous avons pu mettre nettement en évidence la façon dont la région D réagit au passage d'une importante perturbation orageuse se manifestant par une recrudescence du niveau général des atmosphériques. Au cours de onze journées successives d'octobre encadrant le maximum d'activité de cette perturbation, nous avons effectué des enregistrements oscillographiques au début et à la fin de la nuit. Des nombreux échos enregistrés, on tire la valeur moyenne de la hauteur virtuelle de D : elle oscille entre 80 et $85^{km}$ au début de la période considérée, s'élève jusqu'à $92^{km}$ au cours de la nuit correspondant au maximum d'activité de la perturbation, retombe à $74\text{-}75^{km}$ dans la nuit suivante pour remonter par la suite à $85\text{-}89^{km}$. Malgré l'absence de documents d'autre nature, ces résultats permettent d'attirer l'attention sur un retentissement probable de certaines grandes discontinuités troposphériques sur la hauteur virtuelle de la région D, hauteur présentant une ondulation rapide au passage de la discontinuité.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Les trachéides à ponctuations aréolées chez le* Sargentodoxa cuneata *Rehd. et Wils. et leur importance dans la phylogénie des Sargentodoxacées.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le *Sargentodoxa cuneata* Rehd. et Wils. est un arbrisseau sarmenteux et grimpant, localisé dans les buissons des provinces de Hupey et de Su-Tchuen (Chine centrale), où il croît entre 600 et $1300^m$ d'altitude. Cet arbrisseau avait tout d'abord été classé dans le genre *Holbœllia*; c'est sous le nom d'*Holbœllia cuneata* que G. Réaubourg (1) en décrivait la structure au cours de son étude anatomique des Lardizabalacées. Depuis, Rehder et Wilson (2) l'ont retranché de ce premier genre pour le nommer *Sargentodoxa*, tout en le maintenant dans cette même famille. Puis Stapf (3) en a fait le représentant unique d'une famille spéciale, les Sargentodoxacées.

Dans la description anatomique faite par Réaubourg de la tige de cette espèce, nous n'avons trouvé aucune remarque particulière sur les éléments fibreux qui accompagnent les gros vaisseaux du bois; c'est pourquoi nous les avons examinés en coupe longitudinale; cette recherche nous a permis de découvrir la présence de ponctuations toujours aréolées situées sur les faces radiales et tangentielles de toutes les fibres. Vues de face, les aréoles apparaissent circulaires; leurs ouvertures sont en boutonnières obliques par rapport à l'axe; les fentes opposées d'une même ponctuation s'entrecroisent

(1) *Thèse Doctorat Univ. Pharm.*, Paris, 1906.
(2) *Plantae Wilsonianae*, 1, 1913, p. 351.
(3) *Curtis's Botanical Magazine*, 151, 1926, pp. 9111 et 9112.

en X et leur longueur ne dépasse jamais le diamètre de l'aréole, lequel atteint $7^{\mu},5$. Ces ponctuations se montrent très rapprochées les unes des autres, séparées par des intervalles égaux. Assez souvent elles sont distribuées sur une seule file; cependant, sur les faces les plus larges, elles peuvent alterner en deux files parallèles.

Or il y a un fait très important à signaler : c'est que ces fibres à ponctuations aréolées se distinguent nettement des éléments appelés par E. C. Jeffrey ([4]) *fibres-trachéides*.

Chez ces dernières, assez fréquentes dans le bois secondaire des Archichlamydées et des Amentales, les lèvres de la ponctuation réalisent encore le type croisé, mais elles dépassent le diamètre de l'aréole; les ponctuations y sont distribuées moins régulièrement.

Les fibres du *Sargentodoxa* présentent la même constitution que les trachéides bien connues du *Cycas revoluta* L. En effet l'examen des ponctuations de cette Gymnosperme nous a permis de constater que le diamètre de leurs aréoles est le même ($7^{\mu},5$), que leurs ouvertures en boutonnières obliques et croisées ne se prolongent pas au delà du cercle de l'aréole. Il y a lieu d'établir une analogie marquée entre les fibres que nous étudions et les trachéides décrites par O. Lignier ([5]) chez le *Cycadeoidea micromyela* Mor., fossile du Lias moyen du Calvados. Enfin les ponctuations qui nous occupent sont encore comparables à celles que R. M. Gupta ([6]) a mises en évidence sur les faces de trachéides du *Trochodendron aralioides* Sieb. et Zucc. Les fibres du bois secondaire de notre plante peuvent donc être appelées *trachéides à ponctuations aréolées*, identiques à celles du type croisé que l'on rencontre chez les Cycadinées et les Trochodendracées.

D'autre part l'étude de la fleur et du fruit du *Sargentodoxa* révèle l'existence de plusieurs caractères archaïques : les anthères extrorses à connectif apiculé, la disposition spiralée des nombreux carpelles distincts insérés sur un réceptacle elliptique proéminent, les stigmates sessiles prolongés en becs recourbés, le large hile des graines.

Nos observations sur les ponctuations aréolées de fibres ligneuses de cette plante remarquable viennent ainsi renforcer les données de la morphologie externe pour nous permettre de classer les Sargentodoxacées parmi les Archichlamydées primitives. Les phylogénistes seront sans doute amenés à faire dériver cette petite Famille des Cycadinées et des Bennettitinées.

---

([4]) *The Anatomy of Woody Plants*, 1930, p. 31.

([5]) *Mém. Soc. Linn. Normandie*, **20**, 2e série, Caen, 1900-1901, p. 331.

([6]) *Journ. Ind. Bot. Soc.*, **13**, 1934, p. 71.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur quelques propriétés des fibres libériennes de Gouama* Hibiscus sterculiifolius (*Guil. Perr. et Rich.*) *Steudel.* Note de M. **Roger de Larambergue**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Gouama est en Guinée le nom vernaculaire d'une Malvacée appelée par G. Don *Hibiscus quinquelobus*; c'est ainsi qu'on la désigne en général, mais à tort, car, comme l'a fait remarquer A. Chevalier ([1]), on doit, suivant les règles de la taxonomie, lui donner le nom d'*Hibiscus sterculiifolius* (Guillemin, Perrotet et Richard) Steudel.

On trouve cette plante en Afrique Occidentale Française, où elle forme des peuplements à quelques distances des marigots et des marais, à *Raphia gracilis*, là ou l'humus conserve encore une certaine humidité, sans être atteint par les inondations. Le Gouama, comme d'autres *Hibiscus* (*H. tiliaceus*; *H. Sabdariffa*; *H. cannabinus*.), contient des fibres, qui, isolées par rouissage soit à l'eau courante, soit à l'eau stagnante, donnent une filasse que les indigènes emploient pour faire des liens grossiers, des cordages ou des filets de pêche, car ils considèrent ce produit comme imputrescible.

Nous avons entrepris l'étude du Gouama, en cherchant plus particulièrement à savoir s'il était susceptible de remplacer le Jute dans ses applications. La filasse que nous avons utilisée a été préparée par la méthode de rouissage indigène; sa teinte varie du crème au brun clair ou au chamois. Elle est assez brillante, souple et fine. Elle se présente en paquets de $2^m$ à $2^m,50$ de long. Contrairement à ce qui a lieu pour d'autres plantes, les insertions des pétioles n'y ont laissé que peu de traces. Ce qui est une qualité, puisque les cicatrices de ces organes sont toujours des points de moindre résistance.

Les fibres élémentaires sont effilées progressivement à leurs extrémités, elles n'ont ni épaississement ni ornement. Leur longueur moyenne est de $2^{mm},3$, le diamètre moyen est de $16^{\mu}$. Le rapport entre les deux dimensions est donc 143. Les colorations données par l'iode en présence d'acide sulfurique glycériné, la phloroglucine chlorhydrique, le chlorhydrate d'aniline et le réactif de Maul prouvent que les fibres sont lignifiées. La teneur en cellulose de la filasse sèche, déterminée par la méthode de Kurschner et de Kalming, s'est montrée voisine de 64 %. Le premier procédé appliqué à diverses fibres nous a conduit aux résultats suivants : Abaca 69 %, Jute 65 %, Sansevière 64 %, Sisal 59 %, Coïr 35 %.

Enfin nous avons apprécié les propriétés technologiques de la filasse par la méthode de O. Rœrich (*Trav. du Serv. d'Études et du Labor. des Productions coloniales,* 2e série, 5, 1934) pour les fibres dures de corderie. Ces propriétés sont :

---

([1]) *Revue de Botanique appliquée*, 1931, p. 36.

la *finesse* ou somme des longueurs des brins élémentaires contenus dans un kilo de filasse bien peignée. Elle s'exprime en kilomètres et se mesure par pesée de cent brins prélevés dans une éprouvette de $10^{cm}$ de long;

la *densité apparente,* mesurée sur une éprouvette de $10^{cm}$ de long de diamètre et de poids connus ;

la *rigidité,* mesurée avec un pendule de torsion (méthode de Tchoubard);

la *ténacité*, exprimée en kilomètres par la longueur de la fibre, supposée indéfinie, telle qu'elle se rompe sous son propre poids. Voici les chiffres trouvés comparés avec ceux déterminés pour un jute moyen :

| | Gouama. | Jute. |
|---|---|---|
| Finesse | 243-261 | 230-300 |
| Densité apparente | 0,97 | 0,87 |
| Indice de rigidité | 1,8 | 1,6 |
| Ténacité | 35 | 38 |

La fibre de Gouama est donc comparable à un bon Jute moyen. Son indice de rigidité 1,8, un peu élevé, la place à la limite de la filabilité, mais par ensimage on arriverait sûrement à l'abaisser suffisamment.

Pour comparer le degré de résistance aux intempéries de ce produit avec celui d'autres fibres, nous avons enfoui des échantillons de diverses filasses dans la terre, et nous les avons comparés après quelque temps. Ainsi, après deux mois, l'Abaca et la Sansevière ont perdu toute résistance, le Gouama est un peu moins tenace, le Dâ et le Jute sont inchangés. Après quatre mois l'Abaca et la Sansevière ont disparu par pourriture, le Gouama et le Dâ ne sont plus représentés que par quelques filaments, le Jute seul a conservé son aspect primitif, mais il n'a plus aucune ténacité.

Une autre caractéristique, intéressante à étudier pour une filasse, est son hygroscopicité.

Pour la mesurer on enferme des paquets de filasse dans des dessiccateurs contenant de l'eau ou de l'acide sulfurique ou des solutions plus ou moins concentrées de cet acide. On détermine, après 8 jours, la teneur en eau de chaque échantillon.

| Humidite de l'air. | $H^2O$ pure (saturé). | Solution de $SO^4H^2$ à 24 % (8/10 sat.) | Solution de $SO^4H^2$ à 52 % (3/10 sat.) | $SO^4H^2$ pur (sec.). |
|---|---|---|---|---|
| Jute | 34,4 | 22,7 | 10,1 | |
| Gouama | 29,0 | 20,9 | 11,5 | 0,9 |

De cette étude il ressort que l'*Hibiscus sterculiifolius*, qui pousse spontanément en abondance dans plusieurs points de l'Afrique Occidentale Française, peut remplacer le Jute, produit exclusivement par l'Inde. Il serait donc intéressant de réunir et de comparer entre elles le plus grand nombre possible de variétés et de formes de Gouama; il faudrait aussi faire l'étude écologique de ces divers types. Le Gouama, après sélection et amélioration, deviendrait alors vraisemblablement une plante textile très intéressante pour l'Afrique tropicale.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Description sommaire des hydrates d'oxalate de* Ca. Note de M<sup>lle</sup> **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

A côté du monohydrate monoclinique bien connu (forme stable), les traités classiques indiquent l'existence d'un trihydrate quadratique (forme métastable), donnant des cristaux soit en octaèdres (bipyramides) dits en *enveloppe de lettre*, soit en prismes plus ou moins allongés, généralement bipyramidés. D'après A. Souchay et E. Lenssen ([1]), on ne peut obtenir le trihydrate artificiellement pur que par évaporation de solutions de monohydrate dans HCl concentré et chaud.

Suivant W. F. Jakob et E. Luczak ([2]), G. Hammarsten ([3]), I. M. Kolthoff et E. B. Sandell ([4]), ce *trihydrate* ne contiendrait en réalité que $2^{mol},25$ d'eau, et il existerait un véritable trihydrate, monoclinique. Ce dernier corps est probablement le même que l'hydrate signalé, mais non isolé, par V. Kohlschütter et J. Marti ([5]), considéré comme cristallisant avec $2^{mol},5$ d'eau et comme étant triclinique.

L'oxalate de Ca jouant un grand rôle chez les végétaux, j'ai repris la question; l'examen des courbes de déshydratation, des diagrammes de rayons X (radiogrammes de Debye-Scherrer) et des spectres infrarouges de précipités obtenus artificiellement me conduisent à admettre cinq formes définies :

Un *oxalate anhydre*, obtenu par chauffage entre 200 et 300° de l'un quelconque des hydrates. Les cristaux gardent la forme extérieure de ceux de l'hydrate qui leur a donné naissance, en devenant plus ou moins opaques. Laissés à eux-mêmes, ils reprennent $1^{mol}$ d'eau, en gardant toujours leur forme extérieure et en restant opaques;

Un *oxalate cristallisant avec* $1^{mol}$ *d'eau*, forme stable, qui est monoclinique;

Ensuite *trois formes*, plus ou moins métastables, qui sont voisines d'un trihydrate, mais ne semblent ni l'une ni l'autre cristalliser rigoureusement avec $3^{mol}$ d'eau. Dans l'ordre des teneurs en eau croissantes, voici ce qu'indiquent mes expériences.

Le trihydrate classique, obtenu par évaporation de solutions de monohydrate dans HCl. Il se présente en prismes bipyramidés, d'allure souvent dissymétrique; il est quadratique. Il est nettement métastable.

Le trihydrate non moins classique obtenu par voie aqueuse, confondu

---

([1]) *Ann. d. Chem. u. Pharm.*, 100, 1856, p. 308.

([2]) *Roczniki Chemji*, 9, I, 1929, p. 41.

([3]) *C. R. Trav. Labor. Carlsberg*, 17, n° 11, 1929; *Eine experimentelle Studie über Calcium oxalate als Steinbildner in den Harnwegen, Thèse*, Lund, 1937.

([4]) *The Journ. of Phys. Chem.*, 37, 1933, p. 153.

([5]) *Helv. Chim. Acta*, 13, 1930, p. 929.

jusqu'à présent avec le précédent. Fréquemment trouvé chez les végétaux comme dans les sédiments urinaires, il se présente généralement en petits octaèdres en enveloppe de lettre (c'est l'hydrate à $2^{mol},25$ d'eau de Jakob et Luczak, dihydrate des auteurs). Il n'avait jamais été obtenu pur. Par un artifice de préparation permettant un retard à la cristallisation (bloquage des ions Ca par un citrate et des ions Ox par un sel de Mg), j'ai pu l'obtenir sans trace de monohydrate. Ses courbes de déshydratation et son spectre infrarouge sont nettement différents de ceux du précédent. Il révèle un peu plus d'eau, et cette eau ne paraît pas fixée de la même façon sur la molécule. Il est également quadratique, et se présente en général avec des formes symétriques. Il est un peu plus instable que le précédent. Il semble bien que les cristaux végétaux et animaux dits trihydrate appartiennent à cette variété.

Le trihydrate de Jakob et Luczak, obtenu avec des solutions très étendues, en présence de citrate trisodique, contient encore un peu plus d'eau que les précédents : il cristallise en tablettes parallélépipédiques qui paraissent être monocliniques. Il est encore moins stable, surtout à chaud.

Il reste à préciser les données physicochimiques qui ont servi à l'établissement des distinctions entre ces différents hydrates d'oxalate de Ca.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Semis symbiotiques de Pomme de terre dans les Pyrénées.* Note de MM. **Joseph Magrou**, **Joseph Bouget** et **Gabriel Segretain**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'un de nous a signalé, chez la Pomme de terre issue de graines, et dans certaines conditions de culture, l'existence d'une corrélation entre la symbiose mycorhizienne et la tubérisation ([1]). Pour réaliser expérimentalement cette symbiose, il suffit de semer des graines de Pomme de terre dans un sol où croissent abondamment des plantes sauvages à mycorhizes, ce qui est le cas des pâturages et des friches des régions montagneuses ([2]). Les plants symbiotiques ainsi obtenus produisent en abondance des tubercules, qui, replantés d'année en année dans les mêmes régions, donnent des plantes particulièrement résistantes aux maladies de dégénérescence.

Au printemps dernier, des graines de Pomme de terre de diverses variétés ont été semées en serre à Bagnères-de-Bigorre, dans une terre prélevée en montagne dans des terrains incultes, riches en plantes à mycorhizes. Le semis a donné des pieds très vigoureux qui, de mai à juillet, ont été transplantés en pleine terre, soit dans des prairies, fumées plus ou moins abondamment, soit dans des terrains incultes récemment défrichés et non fumés, où la terre

---

([1]) J. Magrou, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 50.

([2]) J. Costantin, J. Magrou, J. Bouget et Mlle V. Jaudel, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195.

destinée aux semis avait été prélevée. Parmi ces plantes, beaucoup ont péri après la transplantation, par suite de la sécheresse, qu'il n'a pas été possible, vu les circonstances, de combattre par des arrosages. Les arrachages ont été faits en octobre-novembre. Le tableau suivant résume les rendements.

| Station. | Plantes repiquées. | Tubercules récoltés. | Nombre moyen de tubercules par pied calculé, d'après le total des pieds transplantés. | survivants. |
|---|---|---|---|---|
| 1° Friches. | | | | |
| Courtalet | 3 607 | 25 261 | 7,1 | 19 |
| Chiroulet, rive gauche | 2 457 | 9 928 | 4 | 9 |
| Chiroulet, rive droite | 2 444 | 8 285 | 3,3 | 5,4 |
| 2° Prairie. | | | | |
| Peyras G. | 573 | 1 285 | 2,2 | – |
| Peyras L. | 244 | 1 804 | 7,4 | 17,5 |
| | 9 325 | 46 563 | | |

Le tableau montre que le rendement moyen par pied est peu élevé, si on le calcule d'après le total des pieds transplantés. Mais, beaucoup de pieds ayant péri accidentellement aussitôt après la transplantation, il paraît légitime de le calculer par rapport aux pieds survivants au moment de la récolte, auquel cas il se relève notablement et atteint des chiffres élevés pour la friche du Courtalet et l'un des champs du Peyras. Mais c'est surtout par les dimensions des tubercules qu'il est remarquable; ils sont en effet d'une taille que nous n'avions jamais observée jusqu'ici dans nos semis symbiotiques; beaucoup d'entre eux ont les dimensions d'un gros tubercule ordinaire (jusqu'à $9^{cm}$ de long sur $4^{cm},5$ de diamètre). Les racines présentaient, à l'arrachage, la coloration jaune qui, chez la Pomme de terre, caractérise les mycorhizes; l'examen microscopique a d'ailleurs montré chez ces plantes l'existence d'une infestation très étendue.

L'analyse des sols en culture a révélé que l'azote y existe principalement sous forme organique inassimilable par les plantes, car, par suite du manque de chaux, cet azote ne nitrifie pas. Il est vraisemblable que les mycorhizes sont intervenues pour procurer à la plante l'azote nécessaire; le champignon est capable d'attaquer l'azote organique, et, comme il est ensuite partiellement digéré par les cellules qu'il envahit, il fournit un aliment azoté à la Pomme de terre, qui se comporterait ainsi comme une plante mycotrophe.

En résumé, nos cultures symbiotiques de 1942 confirment les résultats satisfaisants que cette méthode avait donnés précédemment à l'un de nous (J. Bouget) sur une échelle plus restreinte. Les virus de la Pomme de terre, d'après les auteurs les plus compétents, ne se transmettant pas par les graines, ce mode de culture pourrait être employé comme moyen prophylactique contre les viroses. On lui a reproché de donner des produits hétérogènes, en raison de l'hétérozygotisme de la Pomme de terre. En fait les variations que

nous avons pu noter dans les variétés étudiées au cours de 10 ans d'expérience sont généralement de faible amplitude, et ne paraissent pas nuire à la valeur agricole des semences obtenues, qui sont très recherchées par les cultivateurs de la région. D'ailleurs des essais sont en cours en vue d'isoler de nos cultures des lignées stables.

Il va sans dire que ce procédé n'est pas le seul qui permette d'obtenir des tubercules par voie de semis. L'un de nous a montré que la tubérisation se produit quand la pression osmotique du suc cellulaire dépasse une certaine limite ([3]). Les champignons symbiotiques réalisent cette condition en saccharifiant l'amidon contenu dans les racines. Mais tout autre procédé aboutissant à un accroissement de la concentration moléculaire des sucs de la plante entraînera la formation des tubercules. C'est le cas de la fumure, qui est capable d'élever la pression osmotique de la solution du sol au delà du niveau où la tubérisation peut se produire ([4]). Si nous croyons devoir signaler la méthode des semis dans les terres à mycorhizes de la montagne, c'est qu'elle permet d'obtenir de bonnes récoltes avec le minimum de soins culturaux, dans des stations où la propagation des maladies à virus se montre peu intense.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Rachitisme expérimental obtenu par simple alcalose et sans déséquilibre phosphocalcique.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Au cours de recherches antérieures, nous avons été amené à considérer le rachitisme expérimental comme une manifestation d'alcalose qui peut être guérie par simple adjonction au régime d'un acide tel que l'acide lactique ([1]). Nous avons pu constater, par ailleurs, que l'action rachitigène du déséquilibre phosphocalcique de la ration n'apparaît liée à la production de la maladie expérimentale qu'autant que ce déséquilibre comporte un large excès de calcium, en présence d'une carence relative en phosphore; inversement un large excès de phosphore (sous forme de phosphate disodique), en présence d'une carence calcique relative, se montre beaucoup moins régulièrement rachitigène que certains sels générateurs d'alcalose, tels que le bicarbonate de sodium et le citrate trisodique ([2]). Nous avons été conduit à penser que le déséquilibre phosphocalcique de la fraction minérale de la ration n'est pas indispensable à la production expérimentale du rachitisme et avons procédé à une nouvelle série d'expériences.

Deux lots de rats blancs, divisés chacun en deux parties, l'une maintenue à

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 793; **130**, 1939, p. 923.
([4]) J. Magrou, J. Cuzin et F. Mariat, *Ann. Inst. Pasteur*, **69**, 1943, p. 114.

([1]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 189; **212**, 1941, p. 938.
([2]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 688; **215**, 1942, p. 330.

la lumière du laboratoire et l'autre à l'obscurité, reçurent, avec de l'eau et du papier-filtre, les régimes RL (rachitigène Randoin-Lecoq) et SD (uniquement carencé en vitamine D), dont nous donnons ci-après la composition :

| | RL. | SD. |
|---|---|---|
| Peptone pepsique de muscle (Chapoteaut)........ | 17 | 17 |
| Levure de bière sèche pulvérisée................ | 3 | 3 |
| Graisse de beurre.............................. | 5 | 5 |
| Huile d'olive.................................. | 5 | 5 |
| Saccharose..................................... | 65 | 67 |
| Mélange salin d'Osborne et Mendel.............. | 0 | 3 |
| Mélange salin Z 84............................. | 4 | 0 |
| Lactate de calcium............................. | 1 | 0 |

Le régime RL, qui comporte à la fois une carence en vitamine D et un déséquilibre phosphocalcique sensible (par excès de Ca et carence relative en P), donne, en 7 jours, chez les rats maintenus à l'obscurité, un rachitisme typique aisément caractérisé à la radiographie par un élargissement de la zone cartilagineuse diaphyso-épiphysaire des os longs, spécialement celle de la tête du tibia. Ultérieurement la zone cartilagineuse s'accroît, puis la production anarchique de tissu ostéoïde entraîne une tuméfaction de cette partie de l'os, rendant le discernement de la zone cartilagineuse difficile entre le 30ᵉ et le 60ᵉ jour, ou plus exactement quand le sujet pèse 90ᵍ environ. L'arrêt de la croissance, par cause fortuite ou normale (animaux adultes), entraîne la calcification des lésions. De même la simple exposition des animaux à la lumière du laboratoire empêche ces manifestations d'apparaître. Avec le régime SD, carencé en vitamine D, mais dont la fraction minérale est normalement équilibrée, on n'observe, tant chez les rats maintenus à la lumière qu'à l'obscurité, aucun trouble osseux radiographiquement décelable.

Cinq lots de Rats furent ensuite constitués, lesquels reçurent le régime SD, dans lequel 3 parties de saccharose étaient respectivement remplacées par une égale quantité de bicarbonate de sodium, de citrate trisodique anhydre, de phosphate disodique anhydre, de carbonate de calcium et de gluconate de calcium. Comme précédemment, chacun des lots d'animaux se trouvait divisé en deux fractions maintenues l'une à la lumière et l'autre à l'obscurité. Aucun des Rats exposés à la lumière ne présenta de manifestations comparables à celles du rachitisme. Chez les sujets maintenus à l'obscurité, l'adjonction de 3 % de bicarbonate de sodium ou de citrate trisodique entraîna la production en 7 jours d'un rachitisme décelable radiographiquement par un élargissement du cartilage de prolifération comparable à celui observé avec le régime RL; mais, au lieu d'aller en s'accentuant avec le temps, les lésions osseuses s'atténuèrent spontanément de façon sensible aux 12ᵉ et 15ᵉ jours,

pour disparaître entièrement au 21e jour ([3]). L'introduction de carbonate de calcium dans le régime, ajoutant un déséquilibre phosphocalcique à la carence en vitamine D, entraîne la production d'un rachitisme moins fugace et très comparable à celui qu'on obtient avec le régime RL. Le phosphate disodique et le gluconate de calcium ne donnaient, au taux de 3 % et à l'obscurité, aucun trouble décelable radiographiquement; mais l'élévation de la dose incorporée à 5 % permit d'obtenir avec le gluconate de calcium un rachitisme évoluant également à l'obscurité comme le rachitisme dû au régime RL, le phosphate disodique ne provoquant dans les mêmes conditions aucune lésion osseuse caractéristique. Au cours de ces expériences il importe, bien entendu, d'éviter l'humidité, de maintenir dans la salle une bonne aération et une température modérée, de veiller à ce que le régime préexpérimental soit dépourvu de tout excès de substances à action antirachitique.

L'addition en quantité suffisante d'une source de vitamine D à ces régimes assure, dans tous les cas, une bonne calcification; les deux types de rachitisme obtenus ne sauraient donc être confondus avec le rachitisme dystrophique dû au strontium, uvio-résistant, étudié par Mouriquand.

*Conclusions.* — Il apparaît donc possible de provoquer, chez le Rat maintenu à l'obscurité, par simple addition de bicarbonate de sodium ou de citrate trisodique (sels générateurs d'alcalose) à un régime d'équilibre phosphocalcique satisfaisant, mais carencé en vitamine D, des lésions rachitiques guérissant spontanément par auto-défense de l'organisme. Ce rachitisme se distingue des formes plus graves, compliquées de déséquilibre phosphocalcique, obtenues avec le carbonate et le gluconate de calcium, dans lesquelles les lésions ne guérissent qu'à très longue échéance et en laissant subsister souvent des déformations osseuses marquées.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Activité comparée de différents dérivés polyhydroxylés de la flavone sur la résistance capillaire du Cobaye normal et du Cobaye scorbutique.* Note de M. **André Sévin**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les travaux cliniques de Szent Györgyi et ses collaborateurs les conduisirent à admettre la présence chez les végétaux d'une vitamine réglant la perméabilité et la résistance capillaires (vitamine P). L'existence de celle-ci fut cependant mise en doute jusqu'au jour où Zacho ([1]) réussit à manifester une véritable carence en ce nouveau facteur; celle-ci se traduit par une diminution de la

---

([3]) Dix jours de la vie d'un rat correspondent approximativement à un an de la vie d'un enfant (Lecoq, *Les maladies par carence,* Paris, 1922, p. 6).

([1]) *Acta Path. et Microb. Scand.*, 16, 1939, p. 144.

résistance capillaire, qui peut être rétablie par injections d'extraits de fruits, alors que l'acide ascorbique est sans effet.

D'autre part Lavollay (²) (³) et Neumann (²) établirent que les extraits doués de l'activité vitaminique P inhibent l'oxydation de l'adrénaline et prolongent les effets de cette hormone sur les organes isolés. Ils montrèrent également que les dérivés de la flavone (surtout les dérivés du flavonol) présentent ces propriétés à des degrés divers. D'après l'hypothèse de ces auteurs, l'action des extraits végétaux sur la résistance capillaire doit être attribuée à la présence de substances inhibitrices de l'oxydation de l'adrénaline. Pour cet effet inhibiteur les flavanones sont peu actives, les flavonols le sont beaucoup plus.

Il était donc intéressant de mesurer l'activité sur la résistance capillaire de différents dérivés de la flavone et de rechercher si cette activité va de pair avec leur pouvoir inhibiteur de l'oxydation de l'adrénaline.

Nous avons trouvé que le rhamnétol-rhamnoside, dérivé du flavonol et bon inhibiteur de l'oxydation de l'adrénaline, possède l'activité vitaminique P; la résistance capillaire des Cobayes soumis au régime scorbutigène est tombée rapidement à 4-5$^{cm}$ de Hg (technique de Zacho) et s'y est maintenue même au cours du traitement par l'acide ascorbique; des injections de rhamnétol-rhamnoside (2 à 4$^{mg}$ *pro die*) la rétablirent rapidement à des valeurs qui dépassèrent bientôt la normale jusqu'à la mort de l'animal par suite du scorbut qui n'a pas été modifié dans ses manifestations apparentes.

Tous les chercheurs avaient jusqu'ici essayé d'améliorer la résistance capillaire de l'animal carencé. Nous avons trouvé que les corps actifs peuvent manifester leurs effets sur la résistance capillaire des animaux normaux, non carencés. Dès lors nous avons pu prendre comme test d'activité leur effet sur la résistance capillaire du Cobaye normal.

On détermine la résistance avant l'injection intrapéritonéale de la substance et une seconde fois 24 heures plus tard.

L'hespéridoside nous a donné des résultats très variables; soit une chute de la résistance capillaire immédiate, ou précédée d'une légère augmentation, soit aucune action (à la dose de 1$^{mg}$); à dose plus faible, on a toujours observé une chute plus ou moins marquée.

Par contre le rhamnétol-rhamnoside nous a donné des augmentations de 22-30 et 57 % pour des doses de 1/10, 1/2, 1$^{mg}$ respectivement. L'action dure 2 à 3 jours, puis la résistance capillaire revient à la normale en une semaine environ. De plus, si l'on continue les injections, la résistance capillaire se fixe au bout de quelques jours à une valeur stable qui se maintient après cessation du traitement pendant un temps variable suivant la dose totale injectée. Par exemple notre Cobaye n° 17 a reçu, en 30 jours, 150$^{mg}$

(²) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1193.
(³) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 251.

de rhamnétol-rhamnoside par doses variant de 2 à 5$^{mg}$. Sa résistance capillaire, qui était de 13$^{cm}$ de Hg au départ, se fixe à 22. Le traitement est arrêté le 15 avril; le 25 mai, au moment où il est soumis au régime scorbutigène, sa résistance capillaire est toujours à 22$^{cm}$ de Hg. Le 10 juin, elle est à 20, le 23 à 14,5, le 30 à 12,5, le 16 juillet à 10,5 (à partir du 30 juin il reçoit 2$^{mg}$ d'acide ascorbique par jour).

Un certain nombre de corps ont été essayés. Les résultats (variations de résistance capillaire en 24 heures) sont résumés dans le tableau suivant :

| | Quantité injectée | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Exemple d'élévation de la R. C. exprimée en cm de Hg | Variations de la R. C. exprimées en % de la valeur de départ | | |
| | (1$^{mg}$). | (1$^{mg}$). | (1/2$^{mg}$). | (1/10$^{mg}$). |
| Hespéridoside ([a]) | 1 (de 15 à 16 ) | Variable de −50 à +10 % | | |
| Ériodictyol-hétéroside | 2,50 (de 15,50 à 18 ) | +20 | + 7 | 0 |
| Lutéoloside | 4 (de 9,50 à 13,50) | +31 | +14 | +19 |
| Rutoside | 8,50 (de 13,50 à 22,00) | +53 | +26 | +18 |
| Quercitroside | 3 (de 8,75 à 11,75) | +34 | +12 | +14 |
| Rhamnétol-Rhamnoside | 10 (de 15,50 à 25,50) | +57 | +30 | +22 |
| Extrait d'oranges n° 1 | 3,50 (de 16,00 à 19,50) | +21 | +16 | +14 |
| Extrait d'oranges n° 2 | 2 (de 14,50 à 16,50) | +23 | + 4 | + 2 |
| Quercétol | 5 (de 9 à 14,00) | +56 | +27 | + 9 |
| Rhamnétol | 3,75 (de 9,25 à 13,00) | +40 | +24 | +17 |
| Morinol | 1,75 (de 8,25 à 10,00) | +20 | +12 | + 6 |

([a]) Toutes ces substances ont été préparées par J. Lavollay et J. Sevestre.

Si l'on examine ces chiffres, l'on constate que les substances expérimentées se classent comme elles le font en tant que substances protectrices de l'autoxydation de l'adrénaline éprouvée sur l'intestin isolé de Cobaye. Mais dans ce cas les aglycones étaient plus actifs que les hétérosides correspondants. Il est propable que, *in vivo*, les hétérosides, qui sont beaucoup plus solubles que leurs aglycones, sont beaucoup plus facilement diffusibles et manifestent alors une activité du même ordre que celle des groupements prosthétiques.

On notera que les extraits d'oranges ont une activité supérieure à celle des dérivés de la flavanone que Szent Györgyi avait considérés comme les principes actifs de ces extraits. Par contre les dérivés du flavonol sont beaucoup plus actifs que ces extraits eux-mêmes. Mais, comme il résulte des observations de Lavollay et Parrot, les anthocyanosides et surtout la catéchine ([4]) ont une activité encore plus importante.

([4]) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 496.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Essai de détermination de l'indigestible glucidique.* Note de MM. **Raymond Guillemet** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Maurice Javillier.

En collaboration avec P. Préceptis, l'un de nous a préconisé une méthode de dosage des *matières cellulosiques* utilisant la solubilité des protéides dans l'acide formique (1). Par cette technique on obtient parfois des résultats beaucoup plus élevés qu'en utilisant les méthodes classiques, notamment celle, dite *de la station agronomique de Weende*, qui procède par attaque alcaline succédant à une hydrolyse acide. En fait le résidu de la dissolution formique renferme, outre les *matières cellulosiques*, les gommes et la lignine, ainsi que nous l'avons vérifié en utilisant le mode opératoire de Gabriel Bertrand (2). Mais il suffit de le laver énergiquement à la soude pour obtenir une teneur en *cellulose brute* voisine de la teneur habituelle.

En zootechnie, l'estimation de la *cellulose brute* (terme qui n'a aucune signification chimique) a pour but d'apporter un élément de plus à une analyse qui englobe déjà protides, lipides et matières minérales. La différence entre la somme de ces constituants et le poids sec de la substance analysée est appelée *extractif non azoté*; celui-ci participe au calcul de la valeur nutritive, la cellulose seule étant réputée sans intérêt alimentaire. Cette façon de faire est des plus critiquables, car, à côté de substances assimilables comme les sucres et l'amidon, *l'extractif non azoté* peut renfermer des matières telles que la lignine et les pentosanes, en majeure partie inutilisables par l'organisme animal.

C'est pourquoi il nous semble souhaitable d'employer des méthodes d'analyse qui discriminent dans la ration les éléments assimilables de ceux qui ne le sont pas. On pourrait d'une part évaluer l'ensemble des glucides digestibles par dosage du *réducteur total* après hydrolyse ménagée. Nous croyons d'autre part que l'insoluble formique brut non lavé aux alcalis, représente, au moins en première approximation, l'indigestible glucidique; voici à l'appui de cette hypothèse quelques arguments expérimentaux.

L'examen des bilans obtenus en additionnant protides, lipides, réducteur total, insoluble formique et sels minéraux, montre que la somme est voisine de 100. Nous avons ainsi soumis à l'analyse 26 aliments du bétail : sur 12 d'entre eux le total des substances dosées dépassait 97 % ; 10 autres fournissaient des sommes avoisinant 95 % ; pour 4 seulement le total était inférieur à 93 %.

(1) *C. R. Ac. Agr.*, 28, 1942, p. 383.

(2) *Ann. des Fermentations*, 1, 1935, p. 577.

L'expérience physiologique a été des plus démonstratives. Elle a consisté à doser comparativement l'insoluble formique des substances ingérées et celui des matières fécales. Nous avons utilisé à cet effet des Rats blancs alimentés à l'aide d'un régime de base synthétique auquel on ajoutait des tourteaux à insoluble formique élevé par rapport à leur teneur en *cellulose brute* :

| | Cellulose brute (*). | Insoluble formique. |
|---|---|---|
| Tourteau de Karité............. | 10,83 % | 40,65 % |
| » de Palmiste........... | 9,94 | 17,94 |

(*) dosée par la technique habituelle.

Voici l'ensemble des résultats obtenus :

| Nature du régime. | Durée de l'expérience (en jours). | N° des rats. | Insoluble formique (en g) des substances ingérées. | Insoluble formique (en g) des matières fécales. | Différence (en %). |
|---|---|---|---|---|---|
| Régime de base 100 % (caséine, fibrine, fécule, sucre, extrait de malt).......... | 15 | 1 | 0 | 0 | – |
| | » | 2 | 0 | 0 | – |
| | » | 3 | 0 | 0 | – |
| | » | 4 | 0 | 0 | – |
| Régime de base 80 %, tourteau de Karité 20 %............ | 20 | 5 | 19,83 | 18,43 | –7 |
| | » | 6 | 17,67 | 18,16 | +2,5 |
| | » | 7 | 19,33 | 17,87 | –7,5 |
| | » | 8 | 17,55 | 16,49 | –6 |
| Régime de base 60 %, tourteau de Palmiste 40 %............. | 12 | 9 | 12,94 | 12,32 | –5 |
| | » | 10 | 11,03 | 12,06 | +9 |
| | » | 11 | 13,45 | 12,81 | –5 |
| | » | 12 | 12,40 | 12,72 | +2,5 |

Il existe une concordance excellente entre l'insoluble formique du régime et celui des excreta. En outre les teneurs en carbone de ces insolubles sont identiques et les faibles quantités résiduelles d'azote et de glucides facilement hydrolysables qu'ils renferment sont du même ordre. C'est la preuve que la totalité de l'insoluble formique de la ration passe dans les matières fécales et que la somme des substances ainsi dosées se rapproche davantage de l'indigestible glucidique que la *cellulose brute* estimée par les méthodes habituelles; ceci chez le Rat blanc.

Il est certain que ces résultats ne peuvent qu'inciter à étendre les essais à d'autres animaux. Seule l'accumulation des faits expérimentaux sera démonstrative dans un domaine aussi complexe que celui de la digestibilité *in vivo*. Les expériences devront d'ailleurs être de durée relativement longue, car un excès d'indigestible risque de troubler la régularité des excrétions.

Nous proposons d'appeler *indice formique* le pourcentage d'insoluble obtenu de la manière suivante : substance pulvérisée mise à digérer une heure dans un bain d'eau bouillante avec l'acide formique à 80-85 % en agitant de temps en

temps; centrifugation de l'insoluble; lavages à l'acide formique bouillant puis trois ou quatre fois à l'eau bouillante, suivis chacun d'une centrifugation; résidu transvasé dans une capsule et séché. Une incinération permet d'en retrancher, s'il y a lieu, les matières minérales.

Pour le calcul de la valeur alimentaire, la détermination de l'indice formique (indigestible glucidique) et le dosage du réducteur total (glucides digestibles) se substitueraient avantageusement à l'estimation de la cellulose brute et à l'emploi de *l'extractif non azoté*.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La vitesse de croissance des tumeurs dépend-elle d'un facteur héréditaire?* Note de Mme **N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa** et M. **I. Nekhorocheff.**

En étudiant l'influence de produits différents [1], [2] sur la croissance des tumeurs, nous avons utilisé des cancers spontanés ou provoqués de Souris. Ces souris cancéreuses provenant de plusieurs souches de notre élevage, nous avons été amenés à nous demander si l'appartenance des animaux utilisés à telle ou telle lignée ne jouait pas un certain rôle dans les résultats obtenus.

Le travail actuel, basé sur l'étude de 738 tumeurs observées dans 43 lignées, vise justement ce problème. Les Souris n'ont subi aucun traitement spécial, et leurs tumeurs ont ainsi été abandonnées à leur évolution naturelle.

Une méthode d'étude comparative de la croissance des tumeurs a déjà été mise au point par nous [3] sur une série d'animaux de contrôle : on mesure, à intervalles rapprochés, les diamètres $a$, $b$, $c$ de la tumeur suivant trois axes; on calcule le *diamètre moyen* de la tumeur, $\sqrt[3]{abc}$, et on construit la courbe représentant la variation de cette quantité en fonction du temps. La courbe se réduisant, dans la plupart des cas, à une droite, on est fondé à exprimer la vitesse de cette *croissance linéaire* par le coefficient angulaire de la droite et à dénommer celui-ci *constante a*.

La méthode, simplifiée par la suite [1], consiste à tenir compte seulement de deux diamètres, $a$ et $b$, de la tumeur, le diamètre moyen étant égal à $\sqrt{ab}$. Les données analysées dans ce travail ne comportent que deux mensurations de la tumeur, l'une au début ($a_1$ et $b_1$) et l'autre à la fin ($a_2$ et $b_2$) de l'observation. L'intervalle de temps, $t$, étant exprimé en jours, on obtient la valeur de la constante $a$, en mm/jour, grâce à la formule $\left(\sqrt{a_2 b_2} - \sqrt{a_1 b_1}\right)/t$.

---

(1) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et P. Zéphiroff, *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 1051; **132**, 1939, p. 352; **133**, 1940, pp. 216 et 291; **134**, 1940, pp. 60 et 79.

(2) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et A. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, **125**, 1937, p. 353.

(3) N. Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et I. Nekhorocheff, *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 693.

Le tableau ci-dessous montre, pour chaque lignée, le nombre des tumeurs mesurées; la moyenne des constantes *a* de ces tumeurs; les limites entre lesquelles oscille la valeur de *a* à l'intérieur de la lignée (les valeurs précédées du signe — se rapportant à des tumeurs en régression); enfin la moyenne des durées d'observation des tumeurs comptée en jours.

| Lignée. | Nombre de tumeurs. | Moyenne de *a*. | Limites de variation de *a* dans la lignée. | *t* moyen d'observation. |
|---|---|---|---|---|
| | | *Tumeurs spontanées.* | | |
| II | 15 | 0,16 | de 0,01 à 0,52 | 89,1 |
| V | 55 | 0,20 | —0,80 1,15 | 47,4 |
| VI | 13 | 0,17 | 0,04 0,29 | 69,3 |
| VII | 34 | 0,22 | —0,06 0,79 | 42,8 |
| VIII | 30 | 0,22 | 0,00 0,66 | 39,3 |
| IX | 10 | 0,33 | —0,11 1,09 | 33,4 |
| XIII | 11 | 0,16 | —0,07 0,33 | 52,0 |
| XIV | 17 | 0,11 | —0,27 0,62 | 44,8 |
| XV | 12 | 0,22 | 0,02 0,70 | 49,6 |
| XVIII | 26 | 0,22 | —0,32 1,99 | 44,1 |
| XIX | 53 | 0,14 | —0,10 0,97 | 43,0 |
| XXVII | 19 | 0,13 | —0,49 0,55 | 37,2 |
| XXXIII | 31 | 0,17 | —1,10 0,78 | 41,6 |
| XLIII | 37 | 0,15 | —0,01 0,40 | 52,7 |
| RII | 14 | 0,26 | 0,00 0,77 | 32,3 |
| RIII | 153 | 0,17 | —0,23 1,08 | 49,6 |
| Valseuseuses V | 46 | 0,16 | —0,18 1,01 | 52,6 |
| Cl | 12 | 0,29 | 0,04 0,76 | 50,2 |
| F1 | 15 | 0,14 | 0,00 0,30 | 44,5 |
| 13 petites lignées | 46 | 0,08 | —0,22 0,49 | 85,5 |
| 11 petites lignées | 43 | 0,19 | —0,05 0,75 | 52,7 |
| | | *Tumeurs provoquées.* | | |
| ........................ | 46 | 0,32 | —0,60 1,49 | 36,2 |

On remarque sur le tableau que les moyennes de la constante *a* varient dans les lignées différentes pour les tumeurs spontanées, de 0,08 à 0,33; à l'intérieur d'une même lignée, l'amplitude la plus forte de variation de la constante *a* a été celle de la lignée XVIII (de —0,32 à 1,99), la plus faible celle de la lignée VI (de 0,04 à 0,29, c'est-à-dire égale à la variation de la moyenne de *a* entre les lignées, notamment 0,25); le *t* moyen d'observation varie de 32,3 jours (lignée R II) à 89,1 jours (lignée II). Les 46 tumeurs provoquées chez des Souris de lignées différentes ont donné 0,32 comme moyenne de la constante *a*, et sa variation individuelle va de —0,60 à 1,49.

Le rapprochement de ces données autorise, nous semble-t-il, les conclusions suivantes :

La vitesse de croissance individuelle des tumeurs varie en général plus d'une tumeur à l'autre, dans la même lignée, que la vitesse moyenne d'une lignée à l'autre. Cette constatation rend très peu probable qu'un facteur héréditaire (c'est-à-dire propre au terrain) régisse d'une façon prépondérante la vitesse de l'évolution tumorale.

Plusieurs cas se sont même présentés où les constantes $a$, relatives à diverses localisations chez un même animal, présentaient entre elles des différences sensiblement plus grandes que celles entre les moyennes des différentes lignées. Cela montre que la vitesse de croissance d'une tumeur est liée moins à la constitution héréditaire de l'animal qu'à la constitution de la tumeur elle-même, c'est-à-dire à sa potentialité évolutive particulière.

Dans l'étude des effets exogènes sur la croissance des tumeurs, il faut, par conséquent, tenir compte de cette variabilité individuelle de la constante $a$, et instituer de préférence un contrôle sur la tumeur même, par l'alternance de périodes d'application et de suspension de l'action exogène [4].

La séance est levée à $15^h45^m$.

L. B.

---

[4] Ce travail a été fait en partie sous les auspices de l'*International Cancer Research Foundation,* Président, M. William H. Donner.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 12 AVRIL 1943.

PRÉSIDENCE DE M. G. BERTRAND.

---

### MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'ai malheureusement encore à vous faire part d'une triste nouvelle, celle de la mort de M. **Émile Jouguet**, Membre de la Section de Mécanique.

Jouguet, Jacques-Charles-Émile, était né à Bessèges, dans le Gard, le 5 janvier 1871.

Après ses études au Lycée de Nîmes, il entra à l'École polytechnique dont il sortit avec le numéro 4, en 1891. Il débuta dans la carrière d'Ingénieur des Mines et du Contrôle des chemins de fer à Bordeaux, où il connut Duhem, puis à Clermont-Ferrand. En 1898, il fut chargé du Cours de Mécanique rationnelle et appliquée à l'École des Mines de Saint-Étienne. Il rejoignit la capitale en 1907, comme Ingénieur du Contrôle des chemins de fer de Paris et, peu après, commença d'enseigner la Mécanique à l'École polytechnique et, simultanément, l'Analyse mathématique et la Topographie, puis les Machines à l'École supérieure des Mines. Il devait illustrer l'enseignement de ces grandes Écoles jusqu'à l'âge, tout récent, de sa retraite. En décembre 1930, il avait succédé dans notre Compagnie au général Sebert, sur la présentation unanime de la Section de Mécanique. Il vient, hélas, de succomber, en pleine activité, il y a une dizaine de jours, dans une clinique de Montpellier, à la suite d'une opération.

Comme professeur, il a laissé, sous le titre de *Lectures de Mécanique*, une histoire originale de cette branche de la Science, depuis Aristote et Archimède jusqu'à Henri Poincaré, formée par la réunion de textes empruntés aux auteurs classiques, accompagnés de notes et de commentaires personnels destinés à guider le lecteur.

Presque tous les travaux scientifiques d'Émile Jouguet sont relatifs à l'application de la Thermodynamique à la Mécanique. Lorsque l'on aborde l'étude des mouvements accompagnés de changements d'état, les principes de

la Mécanique rationnelle deviennent insuffisants, mais, en y joignant ceux de la Thermodynamique, on parvient à pénétrer d'une manière rationnelle divers problèmes qui, jusque-là, échappaient plus ou moins à la science du mouvement. C'est ainsi que Jouguet a réussi à traiter avec bonheur la théorie des explosifs et celle des moteurs thermiques, les deux parties principales de son œuvre.

Après avoir étudié les propriétés des tourbillons au point de vue thermodynamique, Jouguet a entrepris d'approfondir le mode de propagation des discontinuités dans les fluides. Riemann avait découvert les ondes de choc des fluides et les avait étudiées ainsi que Hugoniot dans le cas des ondes planes. Jouguet a étendu les formules données par ces deux auteurs aux ondes de forme quelconque. Les résultats qu'il a obtenus offrent l'intérêt d'être applicables au cas où l'état du fluide dépend non seulement de la densité et de la température, mais encore d'autres variables, par exemple d'une variable chimique. S'appuyant sur le principe de Carnot, il a fait voir que, pour les gaz ordinaires, l'onde de choc est toujours plus rapide que le son se transmettant dans le milieu amont, résultat remarquable et qui permet d'affirmer l'impossibilité d'ondes de choc négatives, c'est-à-dire amenant une diminution de pression. Si, au contraire, le gaz est le siège d'une réaction chimique, il peut exister une onde dite de choc et combustion dont la vitesse est égale à celle du son dans le milieu amont. Cette onde de choc possède la propriété de ne pas dépendre des conditions aux limites existant vers l'arrière, pourvu que ces conditions varient d'une façon continue. Dans le cas de la propagation par ondes planes, l'onde de choc et combustion est animée d'une vitesse constante. On s'explique ainsi les propriétés de l'onde explosive, dont la vitesse est uniforme et indépendante du mode d'allumage. La vitesse calculée s'est trouvée très voisine de celle observée au cours des expériences.

A côté de la propagation rapide caractérisant l'onde explosive existe un autre mode de propagation, beaucoup plus lent, qui constitue le phénomène de la déflagration. L'analyse de ce phénomène apparaît comme singulièrement compliquée. Jouguet y est revenu à diverses reprises et il a établi, à ce sujet, en 1913, la loi suivante : Le produit de la célérité de l'onde explosive par la célérité de la déflagration est inférieur au carré de la vitesse du son dans le milieu aval.

L'ensemble de ses travaux sur les explosifs a été présenté dans un Ouvrage en deux volumes, paru en 1917, la *Mécanique des explosifs*, dans lequel il rend compte de l'état des connaissances que l'on possédait alors sur la question.

Jouguet a étudié d'autre part les théorèmes généraux de la Statique chimique donnés par Gibbs. Cédant à la tentation bien naturelle d'exposer une démonstration personnelle de la célèbre loi des phases, il a fait voir, au cours de sa démonstration, que les principes de la Thermodynamique proprement dits, conservation de l'énergie et principe de Carnot, n'interviennent

dans la loi des phases que lorsque le système comprend des réactions chimiques non distinctes.

Les formules de la Mécanique chimique peuvent être exprimées à volonté dans plusieurs systèmes de variables, dont les quatre plus importants sont les suivants : pression et température, pression et entropie, volume et température, volume et entropie. Jouguet a développé systématiquement cette idée dans les premiers chapitres de sa Mécanique des explosifs. Notamment il a exprimé, dans les quatre systèmes en question, la loi de l'équilibre isochimique de Henry Le Chatelier.

Jouguet s'est occupé avec non moins de bonheur de la théorie des moteurs thermiques. On savait, depuis S. Carnot, que la condition de rendement maximum dans la production de la puissance motrice est la réversibilité; toute cause de perte réside dans un phénomène irréversible. Jouguet a tiré tout le meilleur parti de cette idée en étudiant d'une façon aussi complète que possible les pertes des machines liées à la notion d'irréversibilité. Dans le cas des chaudières à vapeur l'irréversibilité résulte de la dilution des gaz dans l'atmosphère et surtout des différences de température entre les gaz du foyer et l'eau de la chaudière. Jouguet ne s'est pas borné à une étude théorique, il a obtenu des évaluations numériques, résultant d'essais réels sur des machines à vapeur et sur une locomotive.

Il a également établi ce fait important que la récupération de la chaleur d'échappement d'un moteur à gaz par l'échauffement du gaz frais n'a aucun intérêt économique tant que la pression d'échappement est supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

Jouguet était d'une grande activité scientifique : il s'est aussi occupé de la formation et de la propagation des ondes de choc dans les solides élastiques, de la notion de modification semi-indifférente et de son application en statique chimique, de la similitude dans le mouvement des fluides, si importante à considérer dans la marche des navires et des aéroplanes, du gyroscope, des turbines à vapeur, du phénomène connu sous le nom de coup de bélier etc.

Tout au long de sa belle carrière de professeur, de savant et d'ingénieur, Emile Jouguet s'est intéressé surtout, en définitive, à la mécanique réelle, bien distincte de la mécanique rationnelle. Celle-ci néglige, en effet, le principe de Carnot; pour elle tous les phénomènes sont réversibles. Les choses se passent autrement dans le monde où nous vivons et c'est d'en avoir sans cesse tenu compte qui caractérise l'œuvre du Confrère éminent que nous venons de perdre.

Au nom de l'Académie des Sciences, j'adresse à son frère, M. Pierre Jouguet, Membre de l'Académie des Inscriptions, et à sa famille, l'expression de nos profonds regrets et nos condoléances émues.

*Notice nécrologique sur* **Georges Giraud**,
par M. **Élie Cartan**.

**Georges Giraud** est né le 22 juillet 1889. Sa carrière universitaire est tout unie. Élève de l'École Normale supérieure (1909), agrégé des Sciences mathématiques (1911), professeur au lycée de Caen (1914), docteur ès sciences (1915), il est nommé professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, mais il est obligé en 1931 par son état de santé de demander sa mise à la retraite.

La Thèse de Georges Giraud était consacrée aux belles généralisations des groupes fuchsiens et des fonctions fuchsiennes, dont le principe est dû à Émile Picard, maître qui a exercé une profonde influence sur le développement de sa carrière scientifique. Il étend notablement le cercle des fonctions antérieurement connues du type de Picard, les nouveaux groupes considérés étant formés de substitutions birationnelles à deux variables. Dans un livre sur les fonctions automorphes publié en 1920 dans la Collection des Monographies de la théorie des fonctions dirigée par notre Confrère Émile Borel, Georges Giraud s'élève à de plus vastes généralisations, envisageant le problème par son côté géométrique, dont il poursuit l'étude très loin.

Mais la partie de beaucoup la plus importante de l'activité scientifique de Georges Giraud a été consacrée à de profondes et difficiles recherches sur les équations aux dérivées partielles, spécialement les équations du second ordre du type elliptique, qui ont une si grande importance en Physique mathématique et en Géométrie. Les travaux d'Émile Picard, en particulier sa méthode des approximations successives, dont la première application avait été faite en 1890 à l'étude de ces équations, avaient permis d'étendre à des équations de plus en plus générales les résultats obtenus d'abord pour l'équation classique des potentiels. Mais il s'agissait là d'équations linéaires. C'est aux équations générales non linéaires que s'est attaqué Georges Giraud.

A la vérité Henri Poincaré et Émile Picard avaient déjà eu à s'occuper d'une équation non linéaire particulière. D'autre part en 1900 David Hilbert avait énoncé la propriété fondamentale d'analyticité des solutions des équations générales du type elliptique, et cette propriété avait été démontrée plus tard par notre Correspondant Serge Bernstein. S'attaquant à des problèmes abordés par des savants aussi illustres, auxquels il faudrait encore adjoindre les noms de Jacques Hadamard, Radó, Maurice Gevrey, Georges Giraud a pu cependant compléter et dépasser sur bien des points leurs résultats, tout en accroissant notablement nos connaissances sur le cas linéaire, intermédiaire obligé pour s'élever au cas général.

Un premier travail *Sur la nature analytique des solutions des équations linéaires aux dérivées partielles à caractéristiques imaginaires* (1925) montre déjà la puissance d'analyse de Georges Giraud. Il est suivi bientôt de plusieurs Mémoires s'échelonnant de 1926 à 1929, dans lesquels il se propose de tirer le

parti maximum de la méthode des approximations successives pour la résolution du problème de Dirichlet généralisé (solutions régulières dans un domaine donné prenant des valeurs données à la frontière du domaine). Cette méthode conduit à la résolution d'une suite de problèmes de Dirichlet relatifs chacun à une équation linéaire nouvelle. Malheureusement, si on l'applique sans précaution, elle n'est pas sans soulever des difficultés très graves par le fait qu'elle fait intervenir de proche en proche pour les données du problème des conditions de dérivabilité d'ordre de plus en plus élevé, ce qui rend en fait la méthode inefficace. Georges Giraud triomphe de ces difficultés par deux méthodes différentes. La première utilise une extension nouvelle et très ingénieuse des fonctions cherchées par un passage du domaine réel au domaine complexe; on est obligé alors de supposer l'analyticité des coefficients de l'équation. La seconde méthode permet de s'affranchir de cette condition trop restrictive; il suffit à Georges Giraud, en utilisant une remarque ancienne de Dini, de faire sur les coefficients de l'équation des hypothèses de continuité, avec certaines conditions de Lipschitz, n'atteignant les dérivées que jusqu'à un certain ordre fini, pour arriver au résultat cherché. Finalement les problèmes de Dirichlet relatifs aux équations linéaires successives se résolvent chacun au moyen d'une équation intégrale de Fredholm où interviennent un potentiel généralisé de volume et un potentiel généralisé de double couche.

Ces premiers Mémoires mettent en évidence non seulement l'ingéniosité et la profondeur de l'auteur, mais encore une parfaite connaissance des méthodes récentes qui avaient renouvelé l'Analyse depuis le début du siècle, la méthode des approximations successives d'Émile Picard, la théorie des équations intégrales de Fredholm, sans parler de l'introduction de la notion de solution élémentaire due à Jacques Hadamard, avec les recherches fondamentales d'Eugenio-Elia Levi qui s'y rattachent.

Mais il n'était pas dans la nature de Georges Giraud de s'en tenir aux premiers résultats obtenus, quelle que fût leur importance. Il aborde bientôt (1931-1932) les problèmes aux limites autres que celui de Dirichlet (problème de Neumann, problème de la dérivée normale, de la dérivée oblique, problèmes mixtes). Mais, à mesure qu'il s'avance dans ses recherches difficiles, ses points de vue s'élargissent et il sent de plus en plus la nécessité d'apporter des perfectionnements aux théories auxiliaires (équations intégrales etc.) qui lui étaient nécessaires. C'est ainsi qu'il démontre l'existence des solutions élémentaires d'Hadamard quand les coefficients de l'équation linéaire donnée satisfont seulement à des conditions de Lipschitz (1930). Dans une série de Mémoires (1934-1937), il perfectionne la théorie de Fredholm dans le cas où le noyau de l'intégrale qui contient la fonction inconnue a des singularités, en montrant comment on peut utiliser néanmoins la valeur principale de l'intégrale au sens de Cauchy.

Entre temps il avait, suivant une idée déjà ancienne de Stanislas Zaremba,

élargi ses résultats en substituant au laplacien généralisé qui entre dans l'équation linéaire un opérateur approprié défini dans des conditions plus larges que le laplacien (1932). Dans un ordre d'idées analogue il peut faire l'étude des équations générales, quand les données présentent certaines discontinuités (1933-1935).

En 1937, un Mémoire sur le problème de la dérivée oblique dans la théorie du potentiel, problème qu'il avait résolu auparavant dans le cas régulier, suscite des recherches de M. Liénard et de M. Oseen, lesquelles lui suggèrent une nouvelle méthode (1939), lui permettant d'utiliser une équation fonctionnelle dans laquelle il n'est pas nécessaire de faire entrer les valeurs principales des intégrales.

Les recherches de Georges Giraud ne sont pas restées cantonnées dans le domaine théorique. En 1940, il reprend certains travaux de notre Confrère Marcel Brillouin pour étudier les figures d'équilibre, ainsi que les petits mouvements à courte période et les petits mouvements amortis, d'une masse tournante constituée par un liquide homogène et un noyau solide immergé.

Georges Giraud a été plusieurs fois lauréat de notre Académie; il avait été élu Correspondant pour la section de Géométrie, le 14 décembre 1936.

Depuis sa mise à la retraite, toute la vie de Georges Giraud, consacrée au travail, s'est écoulée dans sa maison de Bonny-sur-Loire. C'est là que la mort est venue le surprendre, le 16 mars dernier en pleine activité, alors qu'il avait en projet de nouveaux Mémoires, dont il est à souhaiter qu'ils ne soient pas perdus pour la science.

Quand on réfléchit à l'importance de son œuvre mathématique, à son activité scientifique ininterrompue, et quand on songe aux conditions cruelles dans lesquelles son état de santé l'a obligé à poursuivre son œuvre, on est frappé d'admiration et, pour emprunter une phrase d'un rapport de Jacques Hadamard, « on ne peut que s'incliner devant un labeur aussi intense accompli malgré de telles difficultés ».

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Secrétariat d'État a la production industrielle. Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. *Microtectonique et Tectonique profonde. Cristallisations et injections magmatiques syntectoniques*, par André Demay.

2° Paul Chauchard. *Que sais-je ? La Chimie du Cerveau.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur la réalisation des connexions ponctuelles euclidiennes et affines à n dimensions.* Note de M. **Octave Galvani**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous nous proposons de généraliser une étude faite ici-même ([1]) pour $n=2$. Il s'agit ici de montrer comment on peut réaliser les espaces $E_n'$ les plus généraux visés par le titre, au moyen de variétés $V_n$ à $n$ dimensions plongées dans l'espace holonome $E_{n+r}$. L'*élément générateur* S de $V_n$ sera précisé à propos de chacune des deux géométries considérées. La définition de la connexion induite sur $V_n$ sera l'extension de celle que nous avons donnée dans le cas des congruences de droites.

I. Géométrie euclidienne. — S sera l'élément plan (M, Q) formé d'un point M et d'un $r$-plan Q passant par ce point. Soit R le repère intrinsèque de $V_n$ attaché à S. Il a pour origine M et est formé de $n+r$ vecteurs rectangulaires $\vec{e}_i$, $\vec{e}_\alpha$ $(i=1, 2, \ldots, n;\ \alpha=n+1, \ldots, n+r)$, les $\vec{e}_\alpha$ étant dans Q. Il en est d'ailleurs ainsi de tous les repères d'ordre 0.

Les composantes relatives $\omega_s$, $\omega_{st}=-\omega_{ts}$ de R sont définies par

$$dM=\sum_s \omega_s \vec{e}_s, \qquad d\vec{e}_s=\sum_t \omega_{st}\vec{e}_t \qquad (s, t=1, 2, \ldots, n+r).$$

*Connexion induite.* — Dans $E_{n+r}$ les $r$-plans parallèles à Q forment un espace $\overline{E}_n$ analogue à l'espace holonome $E_n$. En associant à tout élément $S'(=M'Q')$ voisin de S le $r$-plan $q'$ parallèle à Q passant par M', on fait en quelque sorte la carte de $V_n$ sur l'$\overline{E}_n$ passant par Q.

Les traces $m'$ des $r$-plans $q'$ sur le $n$-plan $\Pi$ totalement perpendiculaire en M à Q donneront une carte ponctuelle de $V_n$ sur $\Pi$. A tout S' sera associé le point $m'$ et un repère $m'\vec{\varepsilon}_i$ de composantes relatives $\omega_i$, $\omega_{ij}$ $(i, j=1, 2, \ldots, n)$. On obtiendrait *la même carte* en partant d'un espace non holonome $E_n'$ dont le repère $\overrightarrow{\overline{me}_i}$ aurait pour composantes relatives

$$\varpi_i=\omega_i, \qquad \varpi_{ij}=\omega_{ij}. \tag{1}$$

Nous dirons que $V_n$ réalise cet $E_n'$. La connexion induite n'est pas changée si l'on remplace R *par un repère* R* *quelconque d'ordre* 0; les hyperplans $(\vec{e}_i)$ et $(\vec{e}_\alpha)$ sont les mêmes pour R et R*, et les relations entre les composantes $\omega_i$, $\omega_{ij}$ des deux repères sont par suite les mêmes que dans une rotation d'axes de $E_n$; les connexions correspondantes ne diffèrent donc pas.

La *courbure* $R_{ijhk}$ et la *torsion* $T_{ihk}$ sont définies par

$$\varpi_i'-\sum_h[\varpi_h\varpi_{hi}]=\sum_{(hk)}T_{ihk}[\varpi_h\varpi_k], \qquad \varpi_{ij}'-\sum_h[\varpi_{ih}\varpi_{hj}]=\sum_{(hk)}R_{ijhk}[\varpi_h\varpi_k]$$

([1]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 337 et 733; **216**, 1943, p. 23.

et, d'après (1), et les équations de structure de $E_{n+r}$, elles sont données par

$$(2)\qquad \sum_{\alpha}[\omega_\alpha \omega_{\alpha i}] = \sum_{hk} T_{ihk}[\omega_h \omega_k]; \quad \sum_{\alpha}[\omega_{i\alpha} \omega_{\alpha j}] = \sum_{hk} R_{ijhk}[\omega_h \omega_k].$$

*Réalisation d'un* $E'_n$ *donné.* — Soient $u_i$ ($i = 1, 2, \ldots, n$) les coordonnées d'un point $\overline{m}$ de $E'_n$; les composantes $\varpi_i$, $\varpi_{ij}$ du repère $\overrightarrow{\overline{m}e_i}$ sont des formes *données* $\varpi(u, du)$.

Définissons un repère R de $E_{n+r}$ par les paramètres $z$ du déplacement qui amène en R un repère de base $R_0$ arbitrairement choisi. Les composantes $\omega_s$, $\omega_{st}$ de R sont alors des formes $\omega(z, dz)$ bien déterminées. Soit S l'ensemble de l'origine M de R et du $r$-plan des $\vec{e}_\alpha$.

Soit $\Sigma_0$ le système différentiel obtenu en établissant entre les $\omega(z, dz)$ et les $\varpi(u, du)$ les relations (1). Si les $z$ sont des fonctions de $u$ vérifiant $\Sigma_0$, S engendre une $V_n$ qui réalise $E'_n$.

La dérivation extérieure de (1) donne (2). Par des considérations utilisées par M. É. Cartan dans la démonstration du théorème de Schlæfli [2], on établit que le système fermé $\Sigma$ des équations (1), (2) (aux fonctions inconnues $z$ des variables indépendantes $u$) est en involution pour $r = n(n-1)$.

Les $V_n$ obtenues dépendent de $s = n(n^2 - 1)/2$ fonctions arbitraires [3] des $u$.

*Un* $E'_n$ *donné est ainsi réalisable localement, dans l'espace à* $n^2$ *dimensions, par une infinité de variétés* $V_n$ *d'éléments plans à* $n(n-1)$ *dimensions.*

*Correspondance entre ces variétés.* — Il existe pour toute $V^\star_n$ réalisant le même $E'_n$ que $V_n$, un déplacement $D^\star$ (fonction de $V^\star_n$) tel que l'homologue $S^\star$ d'un élément S vienne en S et les homologues $S'^\star$ de $S'$ voisin de S viennent tous passer par un même point au second ordre près (par rapport à la distance des centres de S, S').

II. Géométrie affine. — S sera l'*élément bi-plan* (M, P, Q) formé d'un $n$-plan P et d'un $r$-plan Q d'intersection M. Mêmes notations qu'en géométrie euclidienne pour le repère et ses composantes, les $\vec{e}_i$ étant dans P, les $\vec{e}_\alpha$ dans Q, mais les $\omega_{st}$ ne sont plus antisymétriques. Les considérations relatives à la connexion induite sont les mêmes, à condition de remplacer $\Pi$ par P. Les équations (1), (2) sont formellement les mêmes, mais l'étude du système $\Sigma$ diffère dans le détail; on trouve encore $\Sigma$ en involution pour $r = n(n-1)$, mais ici $s = n^2(n-1)$. D'où l'énoncé suivant :

*Toute connexion ponctuelle affine à n dimensions est localement réalisable par une infinité de variétés d'éléments bi-plans plongées dans l'espace affine à* $n^2$ *dimensions.*

---

(2) É. Cartan, *Annales Soc. Pol. Math.*, 6, 1927, pp. 1-7.

(3) Le calcul direct des nombres $p$ et $q$ de fonctions arbitraires des $u$ dont dépendent un $E'_n$ et un $V_n$ permet de *retrouver* ce degré d'arbitraire. On ne peut affirmer que $E'_n$ ne puisse être réalisé dans un espace à nombre moindre de dimensions.

Dans le cas du parallélisme absolu, qui contient comme cas particulier les connexions attachées aux groupes de Lie ([4]), il suffit d'un espace affine *à* $2n - 1$ *dimensions* (degré d'arbitraire : $s = n - 1$).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un dispositif de mesure des températures par un thermomètre à résistance.* Note de M. **Robert Guillien**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans l'industrie on utilise généralement un pont de Wheatstone pour connaître la température $t$ d'une résistance thermométrique R. On se contente de lire R pour en déduire $t$ après étalonnage. En opérant ainsi on suppose négligeable la résistance des fils qui relient R au pont, fils de température mal définie en général.

Pour éviter cette cause d'erreur, on adopte au laboratoire une autre méthode.

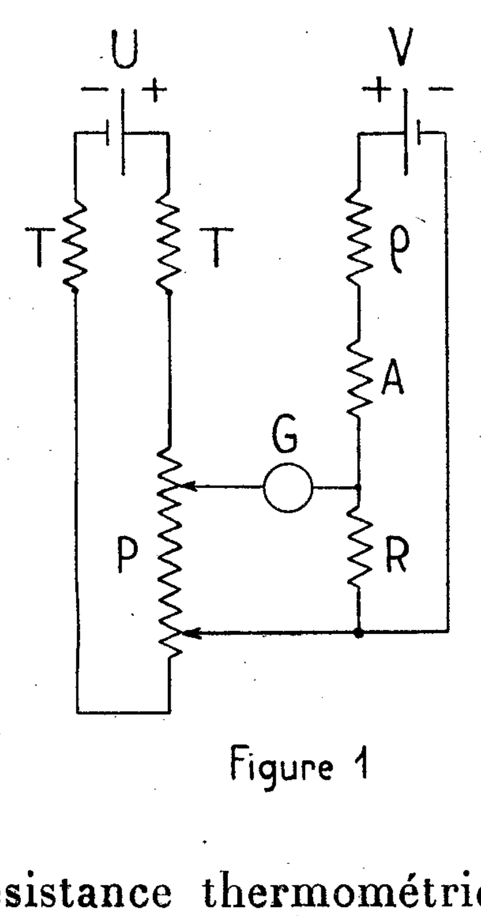


Figure 1

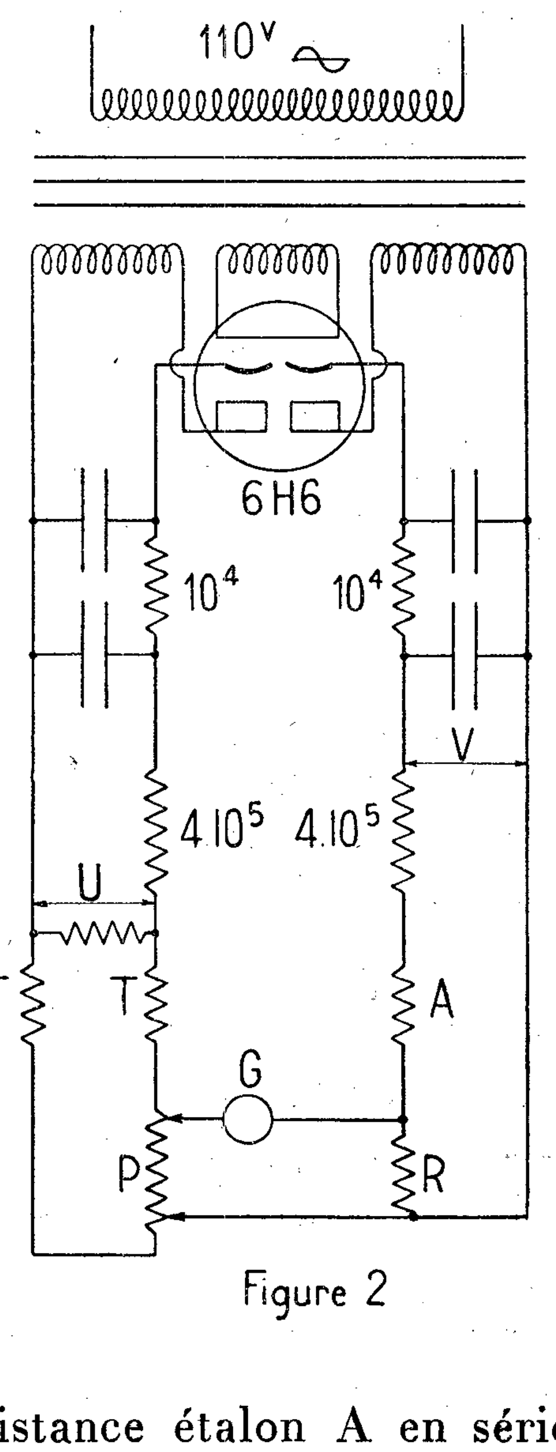


Figure 2

La résistance thermométrique R et une résistance étalon A en série sont parcourues par le même courant (*fig.* 1) donné par une source de f. e. m. V. La température $t$ est connue après étalonnage en fonction de R/A. Ce rapport

([4]) É. Cartan, *J. Math. pures et appl.*, 6, 1927, pp. 1-119.

est égal à celui des différences de potentiel aux extrémités même de R et de A que l'on compare successivement à la force électromotrice d'une pile étalon. Pratiquement cette comparaison se fait au potentiomètre par la méthode d'opposition. La pile étalon ne sert qu'à permettre de ramener à une valeur constante, grâce aux résistances de tarage T, le courant dans le potentiomètre donné par un accumulateur de f. e. m. U. Lorsque le galvanomètre G est au zéro, la résistance A′ de la partie du potentiomètre comprise entre les curseurs reliés à A est égale à $A' = A(V/U)(P+T)/(R+A+\rho)$, P désignant la résistance du potentiomètre et $\rho$ une résistance de quelques milliers d'ohms en série avec R et A. Le nombre lu sur le potentiomètre est proportionnel à A′; de même lorsque les curseurs sont reliés à R, le nombre lu est proportionnel à $R' = R(V/U)(P+T)/(R+A+\rho)$. Pour connaître la température $t$, il est nécessaire de connaître A′ et R′ car $R/A = R'/A'$. Il y a donc deux lectures A′ et R′ à faire. On peut remarquer que si A′ était constant, il suffirait de mesurer R′.

Dans les formules précédentes, si l'on suppose constante la température de la salle, P, T, A, $\rho$ sont des constantes, R ne dépend que de la température, R′ serait fonction de la température $t$ seulement, et seule sa lecture serait nécessaire, si $(V/U)$ était constant.

Au lieu de chercher à rendre V et U constants séparément, nous avons rendu constant leur rapport et réussi à éviter l'emploi des accumulateurs et le tarage préliminaire. Avec les potentiomètres commerciaux, il n'est pas aisé de prendre V et U sur la même source de tension continue parce qu'aucune des extrémités du potentiomètre ne peut être reliée directement à V. Par contre nous avons obtenu, grâce au montage représenté (*fig.* 2) des tensions V et U sans point commun et de rapport constant, car elles sont proportionnelles au nombre de spires de deux enroulements d'un transformateur. Les deux diodes d'une lampe 6H6 redressent une alternance, les courants redressés, puis filtrés donnent les tensions V et H. Comme V a été choisi élevé ($V = 350$ volts), on peut prendre $\rho$ élevé également. Il en résulte l'avantage que $R + A + \rho$ varie très peu en valeur relative lorsque R varie par suite du changement de la température $t$ : R′ est très sensiblement fonction linéaire de R et comme R est entre — 150° et + 150° sensiblement fonction linéaire de $t$, il en est de même pour R′. La température $t$ est donc connue par la mesure de R′ seulement, il n'y a plus qu'une lecture à faire. La lecture de A′ ne sert que de contrôle du bon fonctionnement des appareils : lorsque la tension du secteur varie de 15 %, la valeur de A′ varie de moins de 1/10 000, les variations de température de la salle sont peu gênantes, car elles agissent de la même manière sur les résistances fixes de 400 000 ohms dans les circuits de U et V.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les courants de Foucault dans un ellipsoïde de révolution.* Note de M. **Marc Jouguet**, présentée par M. Jean Chazy.

Un solide de révolution doué d'une conductibilité $\gamma$ et d'une perméabilité $\mu$, placé dans un champ magnétique alternatif, uniforme et parallèle à l'axe : $H_0 e^{j\omega t}$, est le siège de courants induits. Les lignes de force magnétique résultantes sont dans les plans méridiens et les lignes de courant se confondent avec les parallèles. Si $\varphi$ est l'azimut du plan méridien et si l'on prend des coordonnées orthogonales $x_1$, $x_2$ et $\varphi$ telles que la surface du solide ait pour équation $x_1 = a$, les composantes non nulles des champs sont

$$(1)\qquad H_1 = \frac{j}{\mu\omega e_2 e_3}\frac{\partial U}{\partial x_2},\qquad H_2 = \frac{-j}{\mu\omega e_3 e_1}\frac{\partial U}{\partial x_1},\qquad E_\varphi = \frac{U}{e_3},$$

U étant une intégrale de l'équation

$$(2)\qquad \frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{e_2}{e_3 e_1}\frac{\partial U}{\partial x_1}\right) + \frac{\partial}{\partial x_2}\left(\frac{e_1}{e_2 e_3}\frac{\partial U}{\partial x_2}\right) + \frac{e_1 e_2}{e_3}K^2 U = 0;$$

$e_1$, $e_2$, $e_3$ sont les racines carrées des coefficients du $ds^2$ et $K^2 = -j4\pi\mu\gamma\omega$. La fonction U a, à l'intérieur et à l'extérieur, des expressions différentes $U_I$ et $U_E$, qui sont assujetties à certaines conditions classiques de régularité, et qui doivent vérifier les conditions à la surface

$$(3)\qquad U_I(a, x_2) = U_E(a, x_2)$$

et

$$(4)\qquad \frac{1}{\mu}\frac{\partial U_I}{\partial x_1}(a, x_2) = \frac{\partial U_E}{\partial x_1}(a, x_2).$$

Pour un ellipsoïde allongé, $x_1$ et $x_2$ sont définies par

$$(5)\qquad x = c_1 \operatorname{sh} x_1 \sin x_2 \cos\varphi;\qquad y = c_1 \operatorname{sh} x_1 \sin x_2 \sin\varphi;\qquad z = c_1 \operatorname{ch} x_1 \cos x_2.$$

On trouve, en posant $\operatorname{ch} x_1 = \lambda$, $\cos x_2 = \nu$ et $c_1 K = k$,

$$(6)\qquad U_E = (1-\nu^2)(\lambda^2-1)\left\{-j\frac{\omega}{2}c_1^2 H_0 + \sum_{p=0}^{p=\infty} B_{2p+1}\frac{dP_{2p+1}(\nu)}{d\nu}\frac{dP_{2p+1}(\lambda)}{d\lambda}\int_\lambda^\infty \frac{d\lambda}{\left[(\lambda^2-1)\frac{dP_{2p+1}(\lambda)}{d\lambda}\right]^2}\right\},$$

$$(7)\qquad U_I = (1-\nu^2)(\lambda^2-1)\sum_{p=0}^{p=\infty} C_{2p+1}G_{2p+1}(\nu)G_{2p+1}(\lambda).$$

Les $P_{2p+1}$ sont les polynomes de Legendre d'ordre impair. Les fonctions $g_{2p+1}$ sont des séries entières et paires dont les coefficients sont donnés par la formule de récurrence

$$(8)\qquad (q+2)(q+1)a_{q+2} = [q(q-1)-h]a_q + k^2 a_{q-2},$$

où le paramètre $h$ est lié à $k^2$ par une relation classique qui exprime que $g_{2p+1}(\pm 1) = 0$; $G_{2p+1}$ est une série entière, quotient de $g_{2p+1}(\nu)$ par $1 - \nu^2$. Les coefficients $B_{2p+1}$ et $C_{2p+1}$ sont donnés par une infinité d'équations linéaires obtenues en écrivant que les équations (3) et (4) sont vérifiées quel que soit $x_2$.

En faisant $K = 0$, on a la solution approchée du problème pour des fréquences basses et des conductibilités faibles. Le champ magnétique dans l'ellipsoïde est uniforme et a pour intensité

$$H_i = H_0 \frac{1}{1 + (\mu - 1)\frac{b_1^2}{c_1^2}\left(\frac{a_1}{c_1} L \frac{a_1 + c_1}{b_1} - 1\right)}; \tag{9}$$

$a_1$ et $b_1$ sont les demi-axes de la méridienne et la densité de courant est

$$i = -\frac{1}{2} j \gamma \mu \omega c_1 H_i \operatorname{sh} x_1 \sin x_2. \tag{10}$$

En faisant $K = \infty$, on a la solution approchée pour des fréquences très élevées et de fortes conductibilités. Le champ est nul dans l'ellipsoïde et la densité superficielle de courant est

$$i_S = -\frac{H_0}{4\pi} \frac{1}{\frac{a_1}{c_1} - \frac{b_1^2}{c_1^2} L \frac{a_1 + c_1}{b_1}} \frac{c_1 \sin x_2}{\sqrt{b_1^2 + c_1^2 \sin^2 x_2}}. \tag{11}$$

Les solutions pour un ellipsoïde aplati s'obtiennent en remplaçant dans les formules précédentes $c_1$ par $jc_1$ et $\operatorname{ch} x_1$ par $-j \operatorname{sh} x_1$. En particulier, pour une plaque circulaire (ellipsoïde infiniment aplati) : 1° si $K = 0$, $i$ est proportionnel à la distance au centre $r$; 2° si $K = \infty$, on a

$$i_S = -\frac{H_0}{2\pi^2} \frac{r}{\sqrt{R^2 - r^2}}. \tag{12}$$

Les courants induits sont donc extrêmement intenses sur les bords, ce qui explique l'aptitude des plaques à être chauffées par courants de Foucault [1].

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Déphaseur à tension constante, et à commande unique* [1]. Note de M. **Roger Dehors**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'appareil que nous présentons permet d'obtenir, par une seule commande, une tension de phase réglable de façon continue de 0 à 360° et de valeur efficace constante. Il est alimenté par une source triphasée, et n'est susceptible que de faibles débits.

*Principe.* — Son principe est basé sur les propriétés des grandeurs triphasées

---

[1] G. Ribaud, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 377.

[1] Voir également Brevet français n° provisoire 475 530.

sinusoïdales. Soit, en effet, le système formé par trois résistances égales, réparties uniformément sur le périmètre d'un triangle équilatéral ABC de centre O. Ces résistances sont réunies deux à deux aux sommets du triangle, et l'on applique à ces points de jonction, les tensions composées de valeur efficace $U\sqrt{3}$ d'une distribution triphasée à quatre fils. Le triangle ABC, si l'on oriente convenablement ses côtés, peut représenter également le diagramme vectoriel des tensions, le neutre du réseau se confondant alors avec le centre O de la figure. On déplace sur les résistances un curseur M. La différence de potentiel instantanée $u$, entre le point neutre et le point M, situé par exemple sur BC, est représenté par le segment OM faisant l'angle $\alpha$ avec la médiatrice OH du côté BC. Sa phase qui peut être choisie arbitrairement égale à $\alpha$ varie donc de o à 360° lorsque le point M se déplace sur le périmètre du triangle. Quant à sa valeur efficace, elle est égale à $U/2\cos\alpha$, ce qui la fait osciller entre $U/2$ et V. Cette tension est appliquée aux bornes D et N d'une résistance de valeur suffisamment élevée pour ne pas faire varier de façon sensible l'état électrique du triangle. La tension $u'$ recueillie entre le point N, relié au neutre du réseau, et un curseur Q glissant sur la résistance DN pourra être maintenue constante en valeur efficace $U'$ si, à chaque déplacement du point M correspond un déplacement compensateur du curseur Q. Une liaison mécanique, par came ou excentrique, peut rendre solidaires les mouvements de M et de Q suivant la loi nécessaire au maintien de la constance de $U'$. La phase de $U'$ est évidemment identique à celle de V et subit les mêmes variations.

*Réalisation.* — L'appareil que nous avons réalisé sous la direction de M. Pauthenier est constitué de la façon suivante :

On substitue au triangle précédent une résistance circulaire, ce qui simplifie la construction. Cette résistance est soumise aux tensions composées du réseau en trois points à 120°, le neutre étant toujours relié à l'extrémité N du potentiomètre DN. Un bouton, unique pour l'appareil déplace le curseur M sur la résistance circulaire. Le diagramme vectoriel est sans changement. On recueille entre N et M la tension $u$ dont la phase et l'amplitude varient entre les mêmes limites que ci-dessus, mais suivant une loi un peu différente en raison de la différence de répartition angulaire des résistances dans le cas du triangle et dans le cas de la circonférence.

Un calcul simple montre, qu'en désignant encore par $\alpha$ l'angle de rotation du curseur M exprimé en radians, la valeur efficace de $u$ a pour expression

$$\frac{U}{2\pi}\sqrt{\pi^2+27\alpha^2} \qquad \text{pour } 0 \leqq \alpha \leqq \frac{\pi}{3}.$$

Entre $\pi/3$ et $2\pi/3$ l'amplitude prend les mêmes valeurs que dans l'intervalle précédent, mais en sens inverse. En raison de la symétrie ternaire de la figure, le même cycle se reproduit trois fois pendant une révolution du curseur M. Il en résulte que le profil de la came utilisée se trouve simplifié en entraînant

celle-ci par un engrenage de rapport 3. C'est ainsi que nous avons réalisé l'appareil. Une tige venant buter sur la came déplace le curseur Q sur le potentiomètre, aux bornes NQ duquel on recueille la tension d'utilisation, tension que nous avons choisie égale au maximum possible soit U/2. Le profil de la came est fourni par l'équation suivante, qui régit le déplacement $x$ du curseur Q sur la résistance de longueur $2l$, $\beta$ étant l'angle de rotation de la came

$$x = 2l\left(1 - \frac{\pi}{\sqrt{\pi^2 + 3\beta^2}}\right).$$

*Remarques.* — Le principe est applicable intégralement à une distribution polyphasée quelconque. En outre, en utilisant un nombre de curseurs égal au nombre $n$ des phases et $n$ potentiomètres, on peut obtenir, à la sortie, un système de tensions polyphasées de même ordre et de phase réglable.

*Autre mode de réalisation.* — Nous avons construit un autre déphaseur sur un principe un peu différent qui permet de s'affranchir de la came et de l'engrenage. Les trois résistances principales sont réparties sur les côtés du triangle ABC. Elles sont soumises, comme ci-dessus, aux tensions composées. Une résistance de valeur élevée répartie sur une droite de longueur OA peut tourner autour du centre O du triangle, lequel centre est réuni au neutre du réseau. Par frottement, cette résistance est en contact, d'une part avec un point M d'une des résistances principales, d'autre part avec un point P d'une bague conductrice isolée confondue avec le cercle inscrit au triangle. La tension d'utilisation est prise entre le point neutre et la bague. Il est facile de vérifier que son amplitude est constante. En effet, à chaque instant, la partie utile OM de la résistance tournante se trouve soumise à une tension proportionnelle à sa longueur donc à sa résistance, par conséquent le courant qui y circule a une amplitude invariable. La tension prélevée entre les points O et P a donc une valeur fixe. Cette valeur, qui correspond au rayon du cercle inscrit, est égale à la moitié de la tension étoilée.

*Applications.* — Ce déphaseur, qu'il est possible de construire à peu de frais, peut remplacer le déphaseur à champ tournant dans toutes les applications ne nécessitant qu'une faible puissance. Parmi ces applications citons : 1° la commande des grilles et tubes à vide et à gaz, de redresseurs, thyratrons, ignitrons etc. ; 2° son application à l'oscillographe cathodique : on sait en effet que, dans bien des cas, la base de temps de cet appareil est synchronisée sur la fréquence du secteur, et il est souvent intéressant de modifier la phase de la tension de balayage afin d'explorer des parties différentes de la courbe représentative du phénomène étudié; 3° enfin ce déphaseur nous paraît susceptible de jouer un rôle dans l'enseignement pour l'étude des courants alternatifs, en combinaison avec l'oscilloscope cathodique et le commutateur électronique, ou avec l'oscilloscope à plusieurs équipages.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Un stabilisateur automatique, à faible constante de temps, de la tension du secteur alternatif.* Note de M. **Robert Lecolazet**, présentée par M. Charles Maurain.

1. La plaque et la grille d'une triode étant respectivement aux potentiels $V_p^0|\sin\omega t|$ et $v_g$, j'ai montré que la puissance moyenne dissipée dans le circuit-plaque est représentée, au voisinage de certaines valeurs de $V_p^0$ et $v_g$, par une formule du type

$$U(V_p^0, v_g) = V_p^0(\alpha + \beta v_g + \gamma V_p^0) \qquad (\alpha, \beta, \gamma = \text{const.}), \tag{1}$$

qui peut s'écrire également

$$\frac{U}{V_p^0} = \alpha + \beta v_g + \gamma V_p^0. \tag{2}$$

Pour la pentode du type 6L6, montée en triode, on a par exemple

$$U(350 - 15) = 21 \text{ watts}, \qquad \beta = 0{,}0036 \text{ ampère/volt}.$$

La formule (2), dans laquelle $U/V_p^0$ a les dimensions d'une intensité de courant, présente une grande analogie avec celle qui exprime l'intensité $i_p$ du courant-plaque en fonction de $v_g$ et de la tension plaque $V_p$

$$i_p = i_0 + s v_g + \frac{1}{\rho} V_p.$$

Les coefficients des deux formules sont d'ailleurs du même ordre de grandeur.

2. Cela étant, le stabilisateur que j'ai réalisé comporte deux transformateurs $T_1$ et $T_2$.

Le premier est alimenté sur le secteur alternatif (tension efficace $V_1$) par l'intermédiaire d'une résistance R.

$V_2$ étant la tension efficace aux bornes du primaire, la puissance $W_1$ fournie au transformateur est, très sensiblement,

$$W_1 = V_2 \frac{V_1 - V_2}{R}. \tag{3}$$

Cet appareil est muni de plusieurs secondaires :

*a.* Un enroulement alimentant un redresseur à valve biplaque donnant la tension $BV_2|\sin\omega t|$, $(B = \text{const.})$ appliquée aux plaques de $n$ triodes identiques montées en parallèle.

*b.* Un enroulement donnant la tension d'utilisation, proportionnelle à $V_2$.

*c.* Les secondaires de chauffage des lampes et valves.

Le transformateur $T_2$, branché directement sur le secteur comporte un seul secondaire alimentant un redresseur convenablement filtré qui fournit la tension $AV_1$ $(A = \text{const.})$. Le pôle + de ce redresseur est connecté aux grilles

des $n$ triodes régulatrices par l'intermédiaire d'une pile de f. é. m. P destinée à ramener la tension de ces grilles à une valeur convenable.

La puissance consommée par les secondaires du transformateur $T_1$, sauf par celui qui alimente les plaques des triodes, est très sensiblement de la forme $CV_2^2$ ($C = \text{const.}$). La puissance dissipée dans le circuit plaque des $n$ triodes est, d'après (1),

$$nBV_2[\alpha + \beta(AV_1 - P) + \gamma BV_2],$$

de sorte que, si l'on admet un rendement de 85 %, on peut écrire, en tenant compte de la formule (3),

$$CV_2^2 + nBV_2[\alpha + \beta(AV_1 - P) + \gamma BV_2] = 0{,}85\, V_2 \frac{V_1 - V_2}{R}.$$

Cette équation, débarrassée de la racine $V_2 = 0$, sans intérêt, devient

$$CV_2 + nB[\alpha + \beta(AV_1 - P) + \gamma BV_2] = 0{,}85 \frac{V_1 - V_2}{R}. \tag{4}$$

Telle est l'équation du stabilisateur. *Si la relation*

$$nAB\beta R = 0{,}85$$

*est satisfaite,* $V_2$ *prend une valeur fixe, indépendante de* $V_1$.

La formule (1) n'étant valable qu'au voisinage de certaines valeurs de $V_p^0$ et $v_g$, on introduit la valeur $2a$ de l'intervalle dans lequel $v_g$ peut varier. C'est une caractéristique de la triode. Le coefficient A est alors déterminé par cette valeur et par l'amplitude $\Delta V_1$ de la variation maximum de la tension du secteur :

$$a = A\,\Delta V_1.$$

Les données du problème de la réalisation d'un stabilisateur de ce type sont donc la valeur de $\Delta V_1$ ; les coefficients caractéristiques d'une triode régulatrice, y compris la valeur $a$; la puissance demandée par le circuit d'utilisation.

Ces données étant posées, la discussion de l'équation (4) en découle immédiatement. Nous ne donnerons pas cette discussion, qui est assez longue, ni les perfectionnements pratiques à apporter à l'appareil. Nous nous bornerons à indiquer les deux résultats suivants :

*a*. Le nombre $n$ de triodes à employer est déterminé par la condition de rendement maximum.

*b*. La constante de temps de l'appareil peut pratiquement ne pas dépasser quelques périodes du secteur.

3. J'ai construit un stabilisateur équipé d'une pentode 6L6 montée en triode. Le circuit d'utilisation consommant une dizaine de watts, la stabilisation est très bonne (variation de moins de 0,05 %) lorsque $V_1$ varie de 104 à 108 volts. La courbe de stabilisation a localement l'allure d'une parabole. La constante de temps de l'appareil est de l'ordre de un dixième de seconde mais pourrait être encore diminuée.

RAYONS X. — *Sur une nouvelle famille de satellites dans les spectres* L *des éléments lourds et son intérêt pour la connaissance des états d'ionisation profonde multiple.* Note de M<sup></sup>lle **Yvette Cauchois.**

On connaissait, comme émissions L *hors-diagramme* des atomes lourds, les deux groupes de satellites de $L\alpha_1(L_{III}M_V)$ et de $L\beta_2$ $(L_{III}N_V)$, une raie $\gamma'_1$ apparentée à $\gamma_1(L_{II}N_{IV})$ et deux autres sans doute apparentées à $\gamma_2(L_IN_{II})$.

J'avais signalé des divergences entre mes observations dans le spectre $L\beta$ du platine et celles d'autres auteurs ([1]). En 1936, H. Hulubei observait, dans le spectre L du radium, une raie dont il a suggéré qu'elle pouvait être un satellite de $\beta_5(L_{III}O_{IV,V})$ ([2]). En 1941, j'ai trouvé une émission qui semblait analogue dans $BiL\beta$ ([3]). Je viens d'observer indubitablement des raies *hors-diagramme* de même nature pour une série d'éléments entre U (92) et Os (76) inclusivement (tableau). La *parenté* de ces satellites avec $\beta_5$ apparaît dans le

| Élément. | Fréquence de $\beta_5$ en $\nu$/R. | $\beta_5^I$ λ u.x. | $\beta_5^I$ $\nu$/R. | $\beta_5^I$ Δ($\nu$/R). | $\beta_5^{II}$ λ u.x. | $\beta_5^{II}$ $\nu$/R. | $\beta_5^{II}$ Δ($\nu$/R). | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 92 U.... | $1257,2_0$ | R.B.[ $720,4_7$] | [$1264,8_3$] | [+$7,6_3$] | R.N.[ $720,0_5$] | [$1265,5_6$] | [+$8,3_6$] | ([a]) |
| 90 Th... | $1194,0_9$ | R.B.[ $758,7_0$] | [$1201,0_9$] | [+$7,0_0$] | R.N.[ 757,6 ] | [$1202,8_4$] | [+$8,7_5$] | ([a]) |
| 88 Ra... | $1132,5_7$ | $799,6_5$ | $1193,5_8$ | +$7,0_1$ | $798,7_5$ | $1140,8_7$ | +$8,3_0$ | ([b]) |
| 83 Bi.... | $986,5_6$ | $917,9_5$ | $993,7_2$ | +$6,1_6$ | $916,7_0$ | $994,0_8$ | +$7,5_2$ | ([c]) |
| 82 Pb ([4]) | $958,6_2$ | $944,8_7$ | $964,4_4$ | +$5,8_2$ | $943,4_2$ | $965,9_2$ | +$7,3_0$ | |
| 81 Tl ([4]) | $931,1_6$ | $972,4_9$ | $937,0_5$ | +$5,8_9$ | $971,1_9$ | $938,3_0$ | +$7,1_4$ | ([d]) |
| 79 Au ([4]) | $877,6_4$ | $1032,0_0$ | $883,0_1$ | +$5,3_7$ | $1030,3_7$ | $884,4_1$ | +$6,7_7$ | |
| 78 Pt.... | $851,4_8$ | 1064,0($\beta_2^{VI}$) | $856,4_5$ | +$4,9_7$ | 1062,0($\beta_2^{VI'}$) | $858,0_6$ | +$6,5_8$ | |
| 77 Ir.... | ($825,7_5$) | $1096,7_7$ | $830,8_7$ | +$5,1_2$ | $\beta_{10}$(1094,8) | [$832,3_3$] | [+$6,6_3$] | |
| 76 Os... | ($801,0_4$) | $\beta_{10}$(1130,4) | ($806,1_5$) | [+$5,1_1$] | $1128,7_7$ | $807,3_1$ | +$6,2_7$ | |

*Remarques.* — ([a]) Mesures gênées par l'absorption propre LIII. ([b]) D'après mesures et clichés de H. Hulubei ([2]). ([c]) Mesures gênées par Br abs K. ([d]) Mesures gênées par Ag abs K.

Seuls, les nombres entre parenthèses sont dus à des travaux étrangers au laboratoire de Chimie physique de Paris. Les nombres entre crochets indiquent une coïncidence avec une raie noire d'absorption (R. N.), une raie blanche d'absorption (R. B.) ou $\beta_{10}$.

diagramme de la figure. Ce sont des doublets fins et relativement intenses dont j'ai dénommé les composantes $\beta_5^I$ et $\beta_5^{II}$. Cette dernière est tout d'abord la plus forte; les intensités sont presque égales à l'or et s'inversent pour les atomes plus légers. Leurs fréquences sont supérieures à celle de $L_{III}$. A partir du Re (75) la raie $\beta_5$ elle-même s'affaiblit et je n'ai pu poursuivre la mise en évidence des satellites.

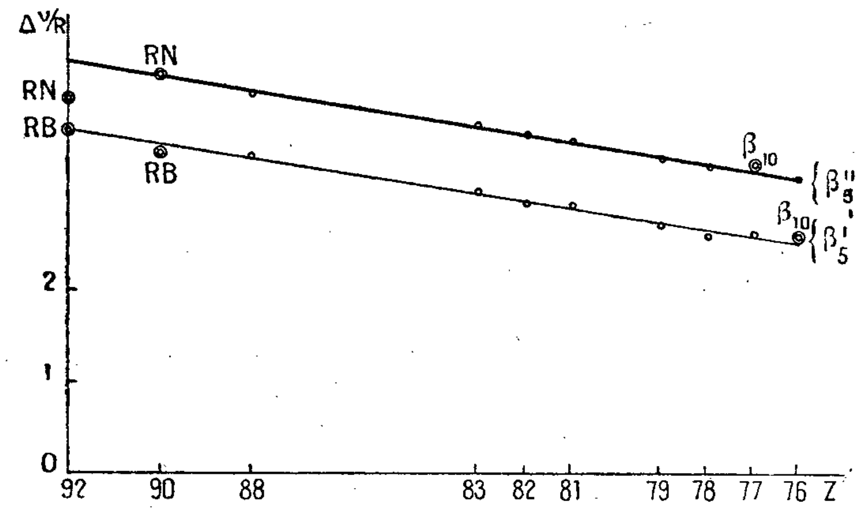
---

([1]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 598.
([2]) H. Hulubei, *Journ. de Phys.*, 7e série, **8**, 1937, p. 260.
([3]) Y. Cauchois, *Cahiers de Phys.*, 1e série, **7**, 1942, p. 1; 2e série, **8**, 1942, p. 25.
([4]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, **215**, 1942, pp. 135, 413 et 465.

L'observation de ces nouvelles émissions permet quelques remarques :

1° Il existe, entre autres, dans les spectres L des éléments lourds, *trois* familles de satellites, respectivement apparentées à $L_{III}M_V$, $L_{III}N_V$ et $L_{III}O_V$.

2° En première approximation, chacune de ces familles se compose d'un




⊙ Valeurs relatives à une raie noire d'absorption (R. N.), à une raie blanche d'absorption (R. B.) ou à $B_{10}$, dont l'émission cherchée n'a pu être séparée.

doublet ($\alpha^x$, $\alpha^{ix}$; $\beta_2^I$, $\beta_2^{II}$ et $\beta_5^I$, $\beta_5^{II}$) de fréquence supérieure à celle de la raie mère. L'intensité relative des composantes varie avec le numéro atomique Z, celle de plus grande longueur d'onde étant prépondérante des terres rares à peu près jusqu'au groupe du Pt, l'autre pour les atomes plus lourds.

3° La séparation énergétique globale par rapport à la raie mère $[\Delta(\nu/R)]$, augmente lorsque l'on passe du groupe $\alpha_1$ au groupe $\beta_2$ puis $\beta_5$, donc lorsque le niveau initial du passage normal diminue.

L'interprétation la plus vraisemblable de la plupart des satellites L postule une ionisation multiple profonde de l'atome ($LM_{IV,V}$), par conversion sans rayonnement d'une transition préalable $L_IL_{III}$ [5]. Les satellites $L\alpha_1$ et $\beta_2$ considérés ici correspondraient aux passages : $2p\,3d - 3d\,3d$ et $2p\,3d - 3d\,4d$. Il est normal d'interpréter alors les nouveaux satellites de $2p - 5d$ comme dus aux transitions $2p\,3d - 3d\,5d$.

La connaissance des fréquences de satellites pour lesquels le niveau électronique initial est situé à la périphérie de l'atome ($O_{IV,V}$) rend possible, à partir de conceptions simples et vraisemblables, d'estimer quantitativement les énergies de l'atome doublement ionisé $2p\,3d$, puis des états $3d\,3d$, $3d\,4d$ et $3d\,5d$. J'ai fait ces estimations pour plusieurs éléments. Les résultats sont d'une cohérence remarquable. Quelques caractères s'en dégagent :

*Les énergies dans l'état* $L_{III}M$ sont très inférieures à $L_{III}$ de l'atome $Z+1$. L'accroissement d'énergie par rapport à $L_{III}$ est environ $1/4$ de $(L_{III})_{Z+1} - (L_{III})_Z$ et de l'ordre de $(M)_{Z+1} - (M)_Z$.

*Les énergies des états* $MM_V$, $MN_V$ *et* $MO_V$ sont de plus en plus voisines respectivement de celles de $M_V$, $N_V$ et $O_V$ de l'atome $Z+1$.

Tout ceci semble en bon accord avec ce que l'on pouvait présumer.

(5) D. Coster et R. de L. Kronig, *Physica*, 2, 1935, p. 13.

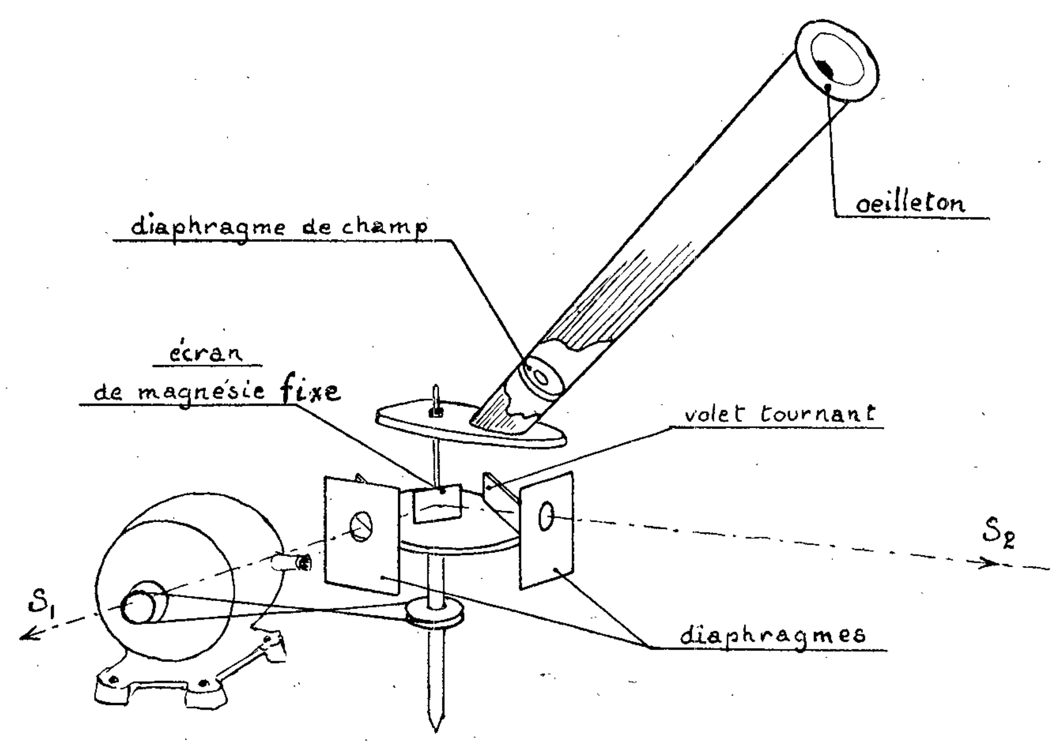
Ces recherches, encore en pleine progression, apportent donc peut-être l'ébauche d'une première systématisation pratique des émissions qui ne trouvent pas place dans le diagramme des atomes une fois ionisés, ainsi qu'une possibilité de détermination expérimentale des énergies d'états d'ionisation profonde multiple qui donneraient naissance à ces émissions. Mon travail pourrait être étendu aux spectres M et K.

PHOTOMÉTRIE. — *Contrôle précis de la loi d'additivité des brillances par la méthode de papillotement.* Note de M. **Georges Blet**, présentée par M. Charles Fabry.

Les mesures photométriques supposent implicitement une loi, énoncée d'ailleurs par W. Abney (*Colour photometry* II, *Philos. Transactions of Royal Society*, 1886), d'après laquelle *l'additivité des brillances lumineuses est totale*.

En photométrie hétérochrome, la méthode de papillotement est la plus utilisée, parce qu'assurant la meilleure reproductibilité des résultats ([2]). On s'est demandé si la loi d'additivité était respectée par cette méthode. En 1939, Piéron ([3]) a notamment annoncé des écarts allant de 10 à 40 %; mais ses mesures semblaient comporter une grande incertitude (de l'ordre de 16 % au photomètre papilloteur et de 40 % par comparaison directe).

Nous avons repris l'étude de cette question à l'aide d'un *nouveau photomètre papilloteur* comportant essentiellement (figure) deux volets fixés à un disque




tournant et interrompant alternativement la lumière envoyée sur un écran de magnésie par les deux sources à comparer. Les volets sont réglés de telle sorte

([2]) Ives, *Journal of Franklin Institute*, 188, 1919, p. 217.
([3]) *L'année Psychologique*, 52, 1939, p. 83.

qu'il y ait substitution sans superposition ni omission. L'écran est observé sous un angle de 30° par l'œil placé dans le plan de symétrie de l'appareil. Les lumières parasites sont éliminées et le champ d'observation (qui est de 1°,5) limité par des diaphragmes convenables. Aucune absorption ni réflexion sélective ([4]) n'intervient sur le passage des faisceaux.

Des essais préalables faits avec cet instrument ont montré que :

1° des observateurs même novices ont des résultats convenablement groupés (écart moyen sur 10 pointés : 1,5 %);

2° des observateurs entraînés ont une très bonne courbe de dispersion (écart moyen sur 10 pointés : 0,3 à 0,4 %);

3° les résultats moyens sont reproductibles à des mois d'intervalle (ce qui implique en même temps la constance de l'œil de l'observateur);

4° les résultats moyens sont identiques à 2 ou 3 ‰ près à ceux obtenus par une méthode physique (photopile étalonnée) lorsque celle-ci est applicable (lumière monochromatique);

5° si l'on opère par substitution (*double pesée*), les résultats sont totalement indépendants de la couleur de la lampe-tare.

Les mesures proprement dites ont consisté en des comparaisons successives de deux sources fixes éclairant l'instrument soit séparément, soit simultanément, avec une source-tare mobile sur un banc photométrique. 180 mesures comportant chacune 15 pointés ont été effectuées en faisant varier le plus possible les conditions expérimentales :

21 observateurs ont été utilisés;

les lumières comparées étaient tantôt de même couleur (76 mesures), tantôt hétérochromes (104); les unes monochromatiques (137), les autres à spectres de raies ou à spectres continus (43);

on a fait varier de 1 à 125 le rapport des brillances ajoutées et de 1 à 25000 microstilbs leur valeur moyenne ([5]).

*La loi d'additivité s'est trouvée rigoureusement vérifiée*, l'écart moyen par rapport à cette loi n'est que de 0,01 % pour l'ensemble des 180 mesures. Aucun écart systématique n'a pu être décelé. A titre d'exemple, en groupant certaines mesures pour lesquelles on a maintenu constant l'un des facteurs expérimentaux, on a trouvé les résultats suivants :

---

([4]) La magnésie a un facteur de diffusion de 0,985 ne présentant pas de caractère sélectif appréciable (PRIEST et RILEY, *Journal of the Optical Society of America*, **20**, 1930, p. 156).

([5]) Le photomètre à écran diffusant ne permettant pas l'obtention de niveaux de brillance plus élevés, la loi d'additivité a été contrôlée à 0,50 % près jusqu'à $10^8$ microstilbs par comparaison homochrome sur un photomètre à plages juxtaposées.

| | Écart moyen. |
|---|---|
| *a*. Un même observateur (22 mesures) | —0,15 % |
| *b*. Comparaison homochrome en lumière blanche (37 mesures) | +0,25 |
| *c*. » » » jaune (17 » ) | —0,30 |
| *d*. Addition de lumières monochromatiques rouge et verte (80 mesures) | —0,05 |
| *e*. Rapport de brillances voisin de 1 (95 mesures) | —0,10 |
| *f*. » » » 100 (5 » ) | +0,40 |
| *g*. Brillance moyenne de l'ordre de 50 microstilbs (60 mesures) | —0,04 |
| *h*. » » » 20000 » (12 » ) | +0,12 |

OPTIQUE. — *Rappel de quelques données en vue de la détermination de la courbe de potentiel de la molécule* $^1S + {}^3P_1$ *du mercure*. Note de M. **Robert Lennuier** et M^lle **Yvonne Crenn**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Nous avons vérifié (1) que l'intensité de la bande de fluorescence 3350 Å est proportionnelle au carré de la pression. Ce résultat, rapproché des mesures d'absorption de Kühn et Freundenberg (2), montre que la plupart des molécules $^1S + {}^3P_1$ reviennent directement à l'état normal. La proportion de celles qu'un choc amène à l'état intermédiaire $^1S + {}^3P_0$, avec émission ultérieure de la bande de fluorescence visible dont l'intensité est proportionnelle au cube de la pression (3), reste inférieure à 10 % dans le domaine de pression exploré.

II. Nous avons étudié la variation de l'intensité R, rapportée à une même énergie excitatrice, de la bande 3350 Å en fonction de l'écart entre le nombre d'ondes $\nu$ du rayonnement excitateur et le nombre d'ondes $\nu_0$ de la raie de résonance (absorbée par un atome isolé). R mesure aussi la probabilité pour qu'un photon de nombre d'onde $\nu$ soit absorbé par un atome perturbé dans une paire de van der Waals. Si nous désignons par $r$ la distance internucléaire et par $E_I(r)$ l'énergie de la paire, choisie nulle pour $r$ infini, la quantité R est en première approximation proportionnelle (4) à $r^2\,(dr/d\nu)e^{-E_I/kT}$.

Soit $E_{III}(r)$ l'énergie de la molécule $^1S + {}^3P_1$ à fort couplage $(A\,{}^3 0_u^+)$; la relation $\nu = E_{III}(r) - E_I(r)$ fixe la correspondance entre $\nu$ et $r$.

Nous indiquerons prochainement comment ces relations permettent d'interpréter nos résultats et de compléter les données que l'on possédait déjà sur les courbes $E_{III}(r)$ et $E_I(r)$, et que nous rappelons ci-dessous (5).

Nous exprimerons les énergies $E_{III}$, $E_I$, en $cm^{-1}$ et les distances $r$ en Å.

*a*. *État fondamental* $E_I$. — L'énergie a un minimum peu accentué pour $r_0 = 3{,}2$ Å. Ce minimum est égal à $-650\ cm^{-1}$ à 15 % près. Lorsque $r \gg r_0$,

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 486.

(2) *Zeits. f. Physik*, 76, 1932, p. 38.

(3) R. Lennuier, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 169.

(4) H. Kühn, *Phil. Mag.*, 18, 1934, p. 992.

(5) Mrozowski, *Zeit. f. Phys.*, 104, 1937, p. 228; H. Kühn, *Proceed. Roy. Soc.*, 58, 1937, p. 230; W. Finkelnburg, *Kontinuierliche Spektren*, Berlin, 1938, p. 202.

$E_I$ peut être représenté par l'expression théorique donnée par London ([6]) $E_I(r) = -(C_I/r^6)$ où la constante $C_I$ vaut, d'après Kühn, $125.10^{-4}$ (avec les unités adoptées).

*b. État excité* $E_{III}$. — La distance $r_1$ qui rend $E_{III}$ minimum n'est pas connue; on sait seulement qu'elle est inférieure à $r_0$. Mais l'étude de l'absorption des radiations voisines 3350 Å par la vapeur de mercure à diverses températures a montré que $E_I(r_1) = 2200\,cm^{-1}$ (0,27 volt), tandis que $E_{III}(r_1) - \nu_0 = 6800\,cm^{-1}$ (énergie de dissociation 0,84 volt). Enfin, pour les grandes valeurs de $r$, on a également $E_{III}(r) - \nu_0 = -(C_{III}/r^6)$ car les forces de résonance dont le potentiel est en $1/r^3$ ont une résultante nulle lorsque la pression est un peu élevée. Cette loi en $1/r^6$ a été vérifiée par les mesures de Kühn ([5]) sur l'absorption; mais comme l'absorption fait intervenir à la fois les molécules $^1S + {}^3P_1$ à fort couplage $A^3 0_u^+$ et à faible couplage $A^3 1_u$, elle ne peut pas donner la constante $C_{III}$. L'étude de la fluorescence permet de distinguer les deux états $0_u^+$ (bande large 3350 Å) et $1_u$ (bande étroite 2540 Å, dont l'intensité est réduite par absorption lorsque la pression de la vapeur augmente).

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'étude de minerais par microradiographie.* Note de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Pierre Urbain**, présentée par M. Charles Jacob.

L'un de nous a montré dans des travaux antérieurs quel parti l'on pouvait tirer de la microradiographie pour l'étude des métaux, des alliages, et, d'une façon générale, de tous les corps présentant des hétérogénéités physiques ou chimiques ([1]). Il nous a paru intéressant d'étendre ces résultats à la pétrographie.

On sait que l'étude des roches au laboratoire s'effectue habituellement à l'aide du microscope polarisant, sur des coupes minces (de l'ordre de $25^\mu$) et transparentes. Cette méthode est malheureusement inefficace pour les minerais opaques, c'est-à-dire pour la majorité des oxydes et des sulfures des métaux lourds ($N > 20$); la difficulté a pu être tournée en utilisant la méthode des sections polies, développée en France par J. Orcel ([2]).

Nous avons pensé que la microradiographie pouvait suppléer ces deux méthodes lorsqu'elles sont en défaut, et devait permettre notamment :

1° de reconnaître le minéral prédominant dans une association isomorphe;

2° de procéder sur des plaques minces à des analyses qualitatives ou quan-

---

([6]) *Zeits. phys. Chem.*, B, 11, 1930, p. 222.

([1]) J.-J. Trillat, *Rev. Scient.*, 4, 1940. pp. 212-221; *La Microradiométallographie, Sc. et Ind. Photo.*, 2, janvier-février 1942, pp. 1-11.

([2]) *Bull. Soc. Fr. Minéralogie*, 48, 1925, pp. 272-361; J. Orcel et L. Capdecomme, *Rev. Optique*, 20, 1941, pp. 47-114.

titatives de minerais, à condition de choisir convenablement le rayonnement incident de façon à mettre à profit les phénomènes d'absorption sélective.

Les premiers essais que nous avons tentés dans ce sens ont porté sur des échantillons de blende (ZnS) contenant des inclusions de galène (PbS) avec gangue de quartz; de cassitérite ($SnO^2$) associée à du quartz et à de la muscovite; de pyrite (FeS) associée à du quartz; de chalcopyrite ($CuFeS^2$); de pyrolusite ($MnO^2$), associée à de la diallogite ($CO^3Mn$), de la calcite et du quartz.

Dans ces expériences, le minerai était disposé, sous forme d'une coupe de 60 à $70^{\mu}$, sur une feuille de cellophane soutenue par une lame porte-objet en verre, perforée d'un trou circulaire de $5^{mm}$ de diamètre pour éviter l'absorption des rayons X par le verre. Les examens étaient faits avec le rayonnement du cuivre, sous des tensions de 18 kV, et avec un débit de 15 mA; le film Lippmann, disposé contre l'échantillon, était alors impressionné en une minute environ. La microradiographie obtenue était ensuite examinée au microscope et photographiée sous des grossissements pouvant aller jusqu'à 400 diamètres.

Tous les essais ont donné lieu à d'excellents clichés; ils ont montré que les plans de clivage et les inclusions des minéraux opaques apparaissaient, sur les microradiographies, avec plus de finesse et de détails qu'à l'examen en lumière réfléchie sur sections polies. Les différences de densité photographique permettent de reconnaître les divers éléments de la gangue et du minerai; en particulier, dans le cas de l'association pyrolusite-diallogite-calcite-quartz, la distinction entre la diallogite et la calcite, malaisée en lumière ordinaire ou polarisée, devient très aisée du fait de l'absorption beaucoup plus forte des rayons X mous par la première substance.

Des détails de structure apparaissent en outre, qui restent insoupçonnés en lumière transmise ou réfléchie; toujours dans le même minerai, on note en effet une structure concrétionnée des nodules de pyrolusite avec zones d'accroissement concentriques, les zones internes montrant une transparence aux rayons X beaucoup plus grande que la zone externe, qui est tout à fait opaque; ce phénomène est dû à la présence, au centre des concrétions, d'un minéral associé à la pyrolusite et absolument indiscernable sur les sections polies ou sur les lames minces.

Ces résultats préliminaires montrent l'intérêt de la microradiographie en pétrographie; d'autres essais en cours feront l'objet d'un travail ultérieur.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la région du Pic de Bergon, entre les vallées d'Aspe et d'Ossau (Basses-Pyrénées).* Note (¹) de M. **Marcel Casteras**, présentée par M. Charles Jacob.

Au Sud de la vallée d'Aydius (Feuille de Mauléon), s'étend, depuis le Bois de la Traillère jusqu'au Pic de la Sentinelle, un vaste massif de terrains carbo-

(¹) Séance du 5 avril 1943.

nifères. Sa couverture posthercynienne, allant du Permo-Trias jusqu'aux calcaires urgoniens, est conservée dans l'important témoin du Pic de Bergon. Sur trois de ses côtés le massif carbonifère est ceinturé par du Trias ophitique. Celui-ci prend un grand développement dans la vallée d'Aspe, à la base de la série secondaire affectée par les plis de l'Ourdinse. Pour M. Léon Bertrand (¹) et pour P. Viennot (²), le Carbonifère serait charrié sur ce Trias. A l'Est aussi, il reposerait, par l'intermédiaire d'une lame triasique discontinue, sur le Dévonien du Pic Lasnères et du Pic de la Gentiane. Le massif du Bois de la Traillère et du Pic de Bergon serait ainsi le témoin le plus oriental de la nappe d'Igounce.

Mes observations m'amènent à concevoir, au contraire, l'enracinement du massif sous les couches triasiques de sa bordure. Sa position par rapport au Dévonien du Pic de la Gentiane a pu aussi être précisée.

1° Quant aux relations du Carbonifère avec le Trias du pourtour, je citerai, en premier lieu, le contact longitudinal au bord nord. Au Col de Sieste, comme dans le Bois d'Usclat, comme, plus à l'Ouest, dans la vallée du Gave d'Aydius, les schistes dinantiens s'enfoncent au Nord sous le Trias. On peut dès lors concevoir la continuité en profondeur, sous le Trias, du Carbonifère du Bois de la Traillère avec celui qui affleure dans la boutonnière anticlinale du Bois de las Catiasses et aussi avec le vaste affleurement plus oriental du Signal des Cinq Monts.

A l'Ouest d'Aydius, le massif hercynien s'élargit et s'étend sur la rive droite du gave; l'étroite bande de poudingues permiens qui le borde subit ainsi une brusque inflexion et traverse la route avec une direction subméridienne. Les couches triasiques, épousant la même inflexion, succèdent régulièrement au Permien qui plonge sous elles.

Les schistes dinantiens qui, à l'est de Bedous, affleurent dans le lit de l'Aydius, *à 1000ᵐ en contrebas du Secondaire de l'Ourdinse*, présentent l'allure d'un anticlinal dissymétrique à rapide plongée axiale vers l'Ouest. A leur terminaison, ils sont régulièrement enveloppés par les poudingues permo-triasiques, qui, plongeant à 45°, s'enfoncent vers l'Ouest sous le Trias. Plus au Sud les calcaires triasiques forment le sommet du pic 1068, dominant le Permien et le Dinantien des granges de Lartiguette.

Les relations de position sont les mêmes dans le haut du ravin de Jouers, où l'ophite triasique surmonte directement le Carbonifère. Leur surface de contact se présente comme une surface gauche qui plonge rapidement vers l'Ouest. Un tout petit témoin d'ophite et de marnes irisées est même conservé isolément à la surface des schistes dinantiens au Sud du sommet 1234.

Quant au témoin de quarzites carbonifères, décrit par P. Viennot comme une klippe surmontant l'ophite sur la crête de Cagoits à Gurcaillou, il n'est, en réalité, pas localisé sur cette crête; mais il redescend au Nord-Est dans la direction du ravin de Jouers et, enveloppé de Permien, s'enracine sous les calcaires triasiques du sommet 1068. Il s'agit donc d'une écaille anticlinale qui crève la couverture triasique et traduit le morcellement du socle hercynien à sa brusque plongée vers l'Ouest.

*Le massif du Bois de la Traillère n'est donc pas un lambeau de recouvrement. Il surgit en anticlinal au milieu des couches triasiques.*

---

(¹) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 204, 1940, pp. 205-283.

(²) *Ibid.*, n° 163, 1927, p. 267.

2° Vers l'Est, le massif carbonifère affronte le Dévonien du pli couché du Pic de la Gentiane; comme on va le voir, *il encapuchonne la terminaison de cet accident*.

Au Nord du Col d'Arrioutort, le Carbonifère ne se poursuit plus, jusqu'au Col de Sieste, qu'en une étroite bande, avec l'affleurement du Bois Sartiat et celui des Pics Béoutis et de la Sentinelle, qu'interrompt le Crétacé supérieur du Pic Lorry. Le Carbonifère qui s'enracine au Nord a rejailli vers le Sud et il chevauche le Dévonien du Pic de la Gentiane. Au Sud du Bois Sartiat une lame d'ophite jalonne le contact anormal.

Le vaste affleurement de calcaires à Hippurites du Pic Lorry et du Bois Espacte était considéré par P. Viennot comme la réapparition en fenêtre, sous le Carbonifère, de la couverture stratigraphique du Dévonien. Tout au contraire, les quartzites dinantiens du Pic Béoutis s'enfoncent vers l'Ouest sous la falaise des calcaires crétacés du Pic Lorry et s'y poursuivent en une étroite lame qui est cisaillée obliquement par le plan de chevauchement sur le Dévonien. Le Crétacé du Pic Lorry et du Bois Espacte représente un témoin de la couverture transgressive du Carbonifère; mais, poussé sur le Dévonien en même temps que son substratum, il a été, avec celui-ci, reployé en un synclinal couché au Sud-Est. C'est ainsi qu'un paquet de schistes dinantiens qui s'enracine dans le Bois Sartiat coiffe les calcaires du sommet du Pic Lorry par l'intermédiaire d'une lame discontinue de Trias.

A l'Ouest du Bois Sartiat la masse chevauchante tourne autour de la terminaison du pli couché de la Gentiane et l'encapuchonne, si bien que, plus au Sud, depuis Sugait jusqu'aux abords du Val de Bitet, le Carbonifère est poussé sur le Dévonien dans la direction du Nord-Est. Un important témoin de la couverture secondaire, disposé en flanc inverse sur le front du massif, comporte notamment une bande de calcaires à Hippurites qui prolonge manifestement le témoin du Pic Lorry et forme la crête du Montagnon d'Iseye et du Pic Montaut. Ces calcaires crétacés s'accompagnent de Flysch sénonien à Fucoïdes dans la dépression des lacs du Montagnon. Des affleurements discontinus de Trias et d'ophite, ainsi qu'une large bande de Permien au Sud des lacs, s'intercalent régulièrement dans ce flanc inverse, entre le Crétacé supérieur et le Carbonifère.

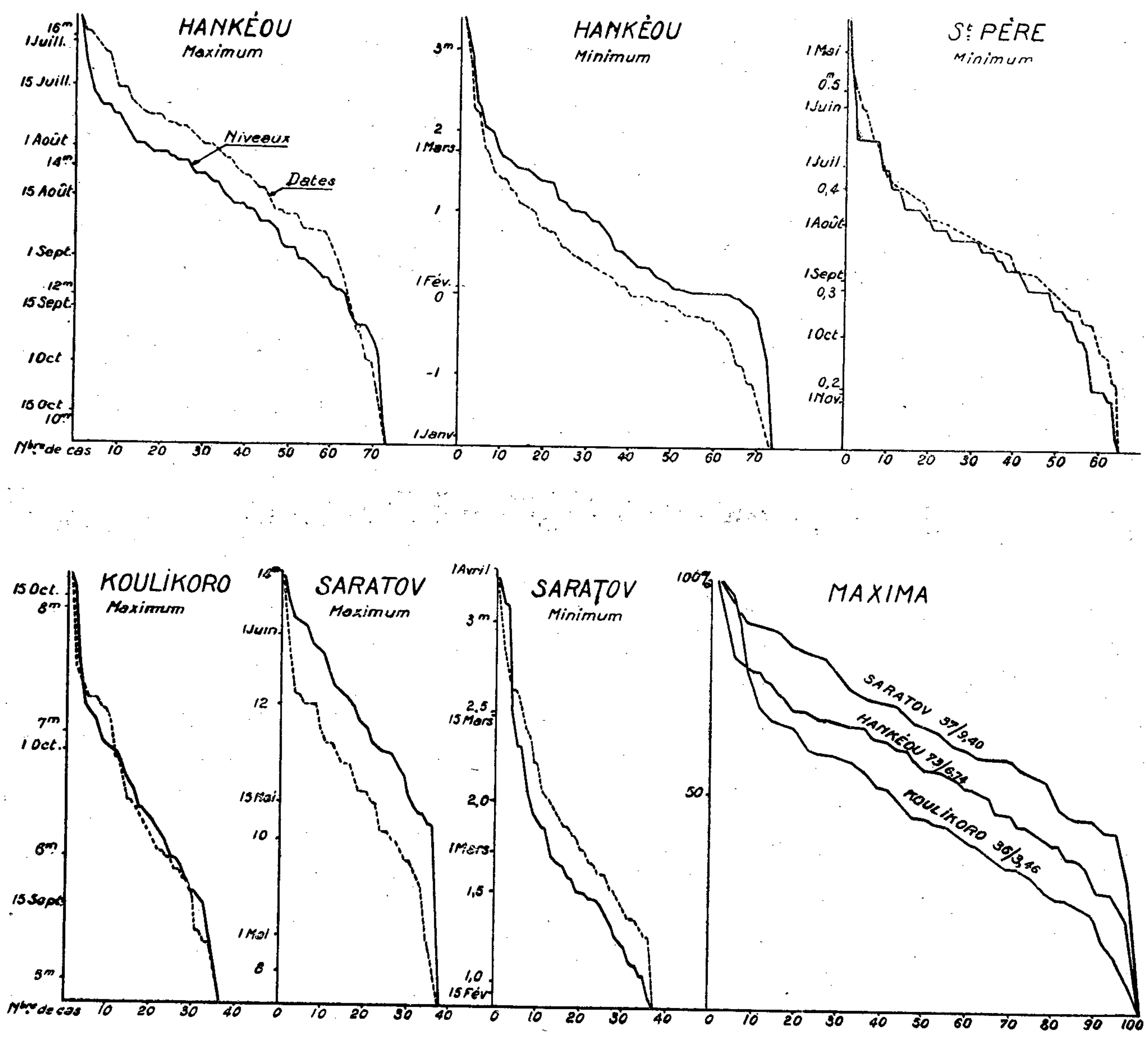
En résumé, le massif carbonifère du Bois de la Traillère supporte un vaste témoin de son revêtement secondaire antécénomanien au Pic de Bergon, mais aussi des lambeaux de Crétacé supérieur transgressif au Pic Lorry, au Pic Montaut et au Montagnon d'Iseye. Cette différence de constitution du revêtement s'explique par le décapage certainement important qui a précédé le dépôt du Crétacé supérieur discordant.

Le massif hercynien qui surgit au milieu des couches triasiques du pourtour s'enracine dans un alignement d'affleurements du socle qui se détachent de la Zone axiale au Nord du Crétacé des Eaux-Chaudes. Sur son bord oriental il rejaillit sur le pli couché du Pic de la Gentiane. Vers l'Ouest, il s'ennoie brusquement sous le Trias d'Accous et de Bedous; mais, au delà dans cette même direction, la petite boutonnière de schistes dinantiens d'Osse, puis, plus loin, le bombement de Permien du Serrot deu Bouich, tous deux crevés dans le Trias, indiquent, sous ce terrain, la continuité profonde du socle hercynien jusqu'aux massifs d'Igounce et de Mendibelza en Pays basque.

HYDROLOGIE. — *Sur la répartition des niveaux extrêmes et de leurs dates.* Note de M. **Vladimir Frolow**.

Cette Note a pour but d'exposer deux propriétés du régime de nombreux cours d'eau qui ne semblent pas encore avoir été signalées :

I. *Le niveau extrême annuel et sa date à une échelle.* — Il est habituel, en décrivant le régime des niveaux, de les classer par ordre de grandeur. On obtient ainsi les grandeurs statistiques fondamentales. Ce procédé peut être appliqué notamment aux séries des maxima et des minima annuels et à celles de la date de réalisation de ces niveaux extrêmes. On rend comparables les résultats relatifs à ces deux genres de séries en adoptant, pour l'unité des ordonnées, l'écart des extrêmes de chacune d'elles. Les graphiques obtenus ont très souvent une marche parallèle et peuvent être superposés dans la partie médiane. La figure accompagnant cette Note reproduit de telles répar-




titions pour le Yang-Tsé-Kiang à Hankéou (maximum et minimum annuels), la Cure à Saint-Père (minimum), le Niger à Koulikoro (maximum) et la Volga à Saratov (maximum et minimum). On y voit que le parallélisme est tout à

fait net et que, dans certains cas, les graphiques des niveaux et des dates pratiquement se confondent.

II. *Niveaux extrêmes aux différentes échelles.* — En superposant les graphiques des maxima annuels classés des différentes échelles de plusieurs cours d'eau, on remarque que la majeure partie de chacun de ces graphiques ne s'écarte guère d'une droite. C'est l'expression du fait que toutes les cotes sont également probables, lorsqu'elles sont comprises entre certaines limites. Celles-ci définissent alors ce que l'on pourrait appeler *le régime normal* des maxima. Les maxima extérieurs à ces limites représentent les cas exceptionnels de crues extrêmement fortes, et des années où la crue ne se produit pas, ou est extrêmement faible. Les écarts à partir de la droite sont probablement reliés aux conditions complexes d'alimentation de chaque cours d'eau et peuvent être analysés [1].

Les échelles étudiées appartiennent à des cours d'eau de régime varié et se trouvant dans l'hémisphère oriental. La figure reproduit le classement des maxima de la Volga, du Yang-Tsé-Kiang et du Niger, recalculé en prenant pour l'unité des abscisses le nombre de crues observées (numérateur), et pour l'unité des ordonnées l'écart des données extrêmes (dénominateur). La figure montre que *le régime normal* couvre 0,85 du nombre total des cas et 0,50 de l'écart des données extrêmes. Dans ces limites la probabilité d'une tranche d'un dixième de cet écart est d'environ 0,058. Cette valeur paraît devoir être sensiblement commune aux cours d'eau assez importants, et ce qui les distinguerait au point de vue considéré, c'est surtout la position sur l'échelle des limites du *régime normal*.

Le nombre de séries des minima annuels qui ont pu être étudiées est trop petit pour en tirer des conclusions numériques. On peut seulement signaler que leur répartition, ainsi que de leurs dates, est moins simple et montre (graphique de Saint-Père, par exemple) une tendance à la symétrie par rapport au point médian du graphique, sauf pour les valeurs extrêmes.

PARASITOLOGIE VÉGÉTALE. — *Essais pratiques de prophylaxie de l'Anguillulose des végétaux par l'emploi d'Hyphomycètes prédateurs.* Note de MM. **Robert Deschiens**, **Louis Lamy** et **Émile Vautrin**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'un de nous a établi ou confirmé [1] que les Nématodes du sous-ordre des *Rhabditoidea* et des genres *Anguillulina*, *Heterodera*, *Aphelenchoides* et *Aphelenchus*, parasites des végétaux, étaient sensibles à l'action des Hypho-

---

(1) Voir par exemple *Cahier* n° **1** *de la Commission du bassin de la Seine*, Paris, 1941, p. 6.

(1) R. Deschiens, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 148.

mycètes prédateurs appartenant aux espèces suivantes : *Arthrobotrys oligospora*, Fresenius, 1850, *Dactylella bembicodes,* Grove, *Dactylella ellipsospora*, Grove. Nos recherches ont montré, en particulier, que l'action des Hyphomycètes sur les larves infectieuses d'*Heterodera marioni* (Cornu, 1879), Goodey, 1932, Anguillule très ubiquiste infestant les racines de plus de 600 espèces végétales, pouvait être escomptée dans l'intimité du sol arable; nous indiquions alors que des essais pratiques de prophylaxie de l'anguillulose à *H. marioni* sévissant sur des Bégonias des serres de la ville de Paris avaient été entrepris, et nous formulions l'espoir de pouvoir apporter dans un temps rapproché des données précises à cet égard. Nous sommes en mesure de le faire aujourd'hui.

Les Bégonias que nous avons étudiés sont des *Bégonias Gloire de Lorraine*, hybrides de *Begonia dregei* et de *Begonia socotrana*; leur culture se fait en serre humide, à la température de 18 à 20° et à partir de boutures (rameaux ou feuilles), en mars-avril, à chaud, à l'étouffé; sous châssis et sur couche tiède, à l'ombre, de fin mai à fin septembre et de nouveau en serre à partir de fin septembre; il est procédé, au fur et à mesure du développement de la plante, à deux ou trois rempotages successifs dans un compost constitué par un mélange de terreau de feuilles et de terre de bruyère siliceuse.

Cette magnifique population de Bégonias Gloire de Lorraine est atteinte d'anguillulose à *H. marioni* du collet et des racines, dans une proportion voisine de 50 % des sujets. L'infestation est précoce et des larves d'hétérodères peuvent être constatées dans la terre de 80 % des pots contenant de jeunes boutures. La prospection de la terre de bruyère sèche de la forêt de Rambouillet, utilisée pour la préparation des composts contenus dans les pots, ne décèle pas la présence de larves d'hétérodères; au contraire, l'examen de la tourbe formant le support des pots et les protégeant de la dessiccation montre qu'elle contient des larves de ce Nématode.

Nos expériences pratiques de prophylaxie ont consisté à comparer, du point de vue de la contamination par *H. marioni* et d'une évolution éventuelle de l'anguillulose correspondante, 21 pieds de Bégonias protégés par l'introduction, dans le compost des pots qui les contiennent, de spores de Champignons prédateurs, avec 18 pieds de Bégonias témoins non protégés. Ces séries de bégonias ont été placées dans des conditions identiques et ont été juxtaposées étroitement sur les surfaces où elles se sont développées, serres ou châssis.

L'obtention des spores de Champignons prédateurs utilisés a été réalisée aisément sur des milieux à base de gélose, de bouillon de Légumineuses, de Céréales ou de paille de céréales; ces milieux permettent une récolte très abondante de spores, soit sur des supports de paille hachée, soit par raclage et incorporation dans du terreau sec; la durée de conservation des spores est de plus d'un an (2).

(2) R. Deschiens, *Bull. Soc. Path. exot.*, **34**, 1942, p. 237.

Les épreuves de protection des plantes contre les Hétérodères ont été réalisées, au moment de la mise en pots et des rempotages, par addition préalable au compost, utilisé pour le remplissage, de 60$^g$ de fragments de paille chargés de spores pour 6$^{kg}$ de compost environ, soit dans une proportion de 1 % ; mais, cette proportion peut être abaissée à 0,1 % en utilisant comme véhicule un terreau riche en spores. Les espèces d'Hyphomycètes prédateurs introduites dans nos essais ont été *D. bembicodes* et *A. oligospora*. La mise en évidence d'une protection effective des plantes a été fondée sur deux tests : 1° la comparaison des proportions de sujets infestés dans le groupe des Bégonias protégés, d'une part, et dans le groupe non protégé, d'autre part; 2° la comparaison du nombre moyen des nodosités tumorales (lésions élémentaires de l'anguillulose) relevé chez les plantes protégées, avec celui qui fut noté chez les plantes non protégées. La lecture de l'expérience a été faite à la fin de la floraison, c'est-à-dire à l'époque de maturation de la plante qui correspond au maximum des lésions d'anguillulose.

Les résultats enregistrés ont été les suivants :

| Plantes.......... | protégées. | | non protégées. | |
|---|---|---|---|---|
| Sujets infestés........................ | 3 sur 21 | 14 % | 8 sur 18 | 44,4 % |
| Nombre moyen des nodosités par pied... | 5 | | 85 | |

Les deux tests, on le voit, se recoupent pour montrer que la protection des Bégonias contre l'hétéroderose, par l'usage des Hyphomycètes prédateurs, est évidente et importante.

Si l'on pousse plus loin l'analyse expérimentale, on note que parmi les 11 plantes protégées par *D. bembicodes*, un sujet seulement est infesté (taux d'infestation 9 %), l'infestation consistant en une seule tumeur du collet, les racines étant indemnes. Chez les 10 plantes protégées par *A. oligospora,* dont 2 sont infestées (taux d'infestation 20 %) et chez lesquelles le nombre moyen des lésions élémentaires est de 5 par sujet, on observe que les lésions portent exclusivement sur l'extrémité des racines. Ces constatations, comparées à la répartition uniforme des lésions chez les plantes non protégées, sont confirmatives du rôle protecteur des champignons car le collet, qui est à la limite des parties souterraines et aériennes de la plante, ainsi que l'extrémité des racines, qui affleure l'orifice inférieur des pots, sont situés à la frontière de la zone protégée par les cultures de champignons.

Si de nouvelles expériences pratiques ou si de nouveaux essais de protection étaient projetés, il serait relativement facile, étant données les conditions de récolte et de conservation des spores de champignons prédateurs, suivant les techniques que nous utilisons, de mettre à la disposition des services intéressés le matériel nécessaire au traitement des surfaces ou des terrains à protéger.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'épilepsie expérimentale, type Brown-Séquard.* Note (¹) de M. **Pierre Tanret**, présentée par M. Léon Binet.

A la suite des travaux de Brown-Séquard, il reste encore quelques imprécisions, d'une part sur la localisation du mécanisme épileptogène chez les Cobayes rendus épileptiques par la résection d'un tronçon du nerf sciatique, et d'autre part sur l'identité de ces convulsions avec celles que Brown-Séquard a observées à la suite d'une lésion portant sur la région du névraxe située entre le pont et la partie inférieure du bulbe (*Bull. et Mém. Soc. Biol.*, 2 juillet 1870, pp. 121-125). Nous avons cherché à préciser ces deux points.

1. Des Cobayes ont subi une résection étendue du nerf sciatique. Après un délai variable, les convulsions sont faciles à obtenir chez certains de ces animaux, porteurs de mallophages, par friction de la région latérale du cou du côté où le sciatique a été réséqué. On pratique alors une trépanation large. La dure mère est incisée; on s'assure d'abord, par l'observation à la loupe des vaisseaux corticaux, qu'il n'y a aucune modification de leur calibre pendant la crise. Si le cerveau bombe alors, ce n'est qu'une exagération de ce que l'on observe normalement au cours de l'expiration, puisque la crise s'accompagne d'apnée en expiration forcée.

Les hémisphères n'ont d'ailleurs aucun rôle dans ces convulsions; leur ablation laisse persister l'épilepsie provoquée. Bien plus, elle la fait apparaître chez des animaux préparés, présentant le réflexe de grattage et non encore épileptiques. Les convulsions étaient typiques une heure après l'intervention.

L'ablation du cervelet, du mésencéphale, de la protubérance laisse également persister l'épilepsie dans le cou, les membres, et les enregistrements cinématographiques, pratiqués avant et après l'intervention, montrent l'identité des convulsions provoquées.

De plus chez un animal dont le bulbe avait été réséqué jusqu'au niveau de l'interligne axoïdo-atloïdien, et entretenu en respiration artificielle, des crises typiques ont été observées une heure après l'intervention, favorisées par l'injection de $1^{mg}$ de sulfate de strychnine.

Inversement des sections de la moelle, étagées de bas en haut, cantonnent les convulsions dans la face, le cou, les membres antérieurs : chez un animal décérébré, et dont la moelle a été sectionnée à la hauteur de la première vertèbre dorsale, la friction de la zone épileptogène est suivie d'une crise caractéristique dans le cou, les membres antérieurs. Le réflexe épileptogène siège donc dans la moelle cervicale.

Ce réflexe passe par les branches du plexus cervical superficiel, dont

(¹) Séance du 5 avril 1943.

la section fait disparaître le pouvoir épileptogène de l'irritation dans la région cutanée correspondante. Cependant l'excitation mécanique ou électrique du nerf s'est, jusqu'à présent, montrée incapable de reproduire la crise : pour être épileptogène, l'irritation mécanique doit partir des extrémités de ces nerfs; et l'incision de l'épiderme, des couches superficielles du derme est convulsivante, alors qu'une section plus profonde est sans effet.

2. Chez des animaux qui n'ont pas subi la résection du sciatique et non porteurs de mallophages, la décérébration transpédonculaire exalte et diffuse les réflexes de défense. La friction du cou entraîne une ébauche de réflexe de grattage, parfois des mouvements cloniques des pattes, suivis d'un renforcement généralisé de la contracture. Ces manifestations provoquées, qui ne survivent pas à l'excitation, semblent des équivalents mineurs de ce que l'on observe chez les animaux épileptiques.

Mais des résultats beaucoup plus démonstratifs ont été obtenus chez des cobayes, également non préparés et *non porteurs de mallophages* et dont le bulbe avait été réséqué jusqu'au niveau de l'atlas. Une heure après l'intervention, avec ou sans injection de $1^{mg}$ de sulfate de strychnine, ces animaux, entre temps profondément souples, hypotoniques, ont présentés des crises d'épilepsie prolongées et tout à fait typiques : réflexe de grattage des membres postérieurs, mouvements convulsifs toniques et cloniques des membres antérieurs, spasme de torsion et d'extension du cou et du tronc. Ces crises sont provoquées par grattage de la face latérale du cou, ou par un frôlement léger du pan antérieur des membres antérieurs.

Tout se passe donc, chez les animaux préparés comme chez les animaux non préparés, comme si un même mécanisme épileptogène se libérait dans la colonne cervicale du névraxe; ce mécanisme est normalement inhibé par les centres supérieurs, et favorisé, au contraire, par l'inhibition de ces derniers.

PHYSIOLOGIE. — *L'indice galvanotonique, mesure de l'hyperexcitabilité nerveuse au cours de la tétanie.* Note [1] de MM. **Raymond Turpin** et **Jacques Lefebvre**, présentée par M. Léon Binet.

La Note précédente montre le caractère rythmique des enregistrements obtenus au cours de la crise de tétanie.

Parmi les facteurs déclenchants de la rythmicité, la négativation est le plus facile à manier.

A. Fessard [1], H. H. Jasper et A. M. Monnier [2], ont étudié les pulsations

---

(1) *Propriétés rythmiques de la matière vivante,* Paris, 1936.

(2) *C. R. Soc. Biol.,* **112**, 1933, p. 233.

rythmiques déclenchées par l'imposition sur le nerf d'une négativation électrique. Ils expliquent les valeurs élevées des chronaxies qu'ils démasquent et en font des pseudochronaxies ou des chronaxies de réitération. Fessard définit le rapport

$$n = \frac{\text{intensité donnant le seuil de la réponse rythmique}}{\text{intensité donnant le seuil de la réponse unique}},$$

*n* est d'autant plus faible que le système étudié a une tendance spontanée plus grande à pulser. Pour certaines fibres il est voisin de 1; pour d'autres il est supérieur ou égal à 2; pour d'autres enfin il est très grand.

Chez l'Homme l'augmentation de la chronaxie au cours de la crise de tétanie est un fait ([3]); nous l'avons retrouvée de manière quasi constante; mais, qu'on interprète cette chronaxie comme une fausse chronaxie ou comme une chronaxie de réitération, le grand nombre de paramètres qui interviennent dans sa détermination, et la difficulté de la mesure sur un muscle dont les propriétés mécaniques sont grandement modifiées par la contracture, ne nous permettent pas de lui conserver une valeur de test d'intensité.

Il nous paraît plus rationnel d'explorer l'hyperexcitabilité nerveuse en rapport avec le fonctionnement rythmique au cours de la tétanie, par la mesure de l'indice galvanotonique (L. Delherm, Mœrel Kahn, H. Fischgold et R. J. Mion, *Bull. offic. Soc. franç. Electrothér. et Radiol.*, mai 1939; L. Delherm, J. Lefebvre et R. J. Mion, *J. de Radiol. et d'Électrol.*, 24, 1941, n$^{os}$ 7, 8, p. 172; *Soc. franç. Électrothér. et Radiol.*, 29 juin 1941),

$$i.\ g. = \frac{\text{int. seuil qui donne une contr. soutenue pdt. le pas. du courant}}{\text{int. seuil qui donne la contraction seuil}}.$$

La facilité avec laquelle le courant galvanique produit une contraction soutenue (galvanotonus), au cours de la tétanie, est connue depuis longtemps. La mesure de l'indice galvanotonique permet de la chiffrer.

Sur un sujet normal, *i. g.* sur le nerf est égal ou peu supérieur à 2; au point moteur, il varie de 6 à 3, selon que l'on a affaire à un segment proximal ou distal. Pendant la crise de tétanie, dans la tétanie latente, ainsi que dans la crise de tétanie déclenchée par hyperpnée chez le sujet normal, on constate, parallèlement à l'augmentation des chronaxies, l'abaissement des rhéobases et *l'abaissement de i. g. qui tend vers* 1 (*i. g.* étant mesuré soit au centre médullaire, soit au tronc nerveux, soit au point moteur).

Cet indice constitue, au cours de la tétanie, une véritable mesure de l'aptitude à pulser du système neuromusculaire.

---

([3]) G. Bourguignon et J. B. S. Haldane, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 321; G. Bourguignon, R. Turpin et Ch. O. Guillaumin, *C. R. Soc. Biol.*, 92, 1925, p. 731.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action inhibitrice de l'acide métaphosphorique dans l'oxydation de la vitamine* C. Note de M. **Antonio Sosa**, présentée par M. Richard Fosse.

Étudiant la stabilité de l'acide *l*-ascorbique (vitamine C) dans les solutions aqueuses d'acide métaphosphorique de concentrations variées allant de $10^{-6}$ à 15 °/₀, nous avons précédemment indiqué un optimum correspondant à 0,1 % de $PO^3H$ pour des solutions titrant 400 et 50γ de vitamine C par centimètre cube [1].

Nous examinons ici l'action de l'influence de la concentration en acide ascorbique dans une même solution de $PO^3H$, au minimum d'oxydation correspondant à une concentration égale à 0,1 % de ce dernier acide.

Les dosages du pouvoir réducteur des solutions sont effectués au bout d'un temps allant de 20 à 60 jours par micro-iodométrie. La figure 1 exprime

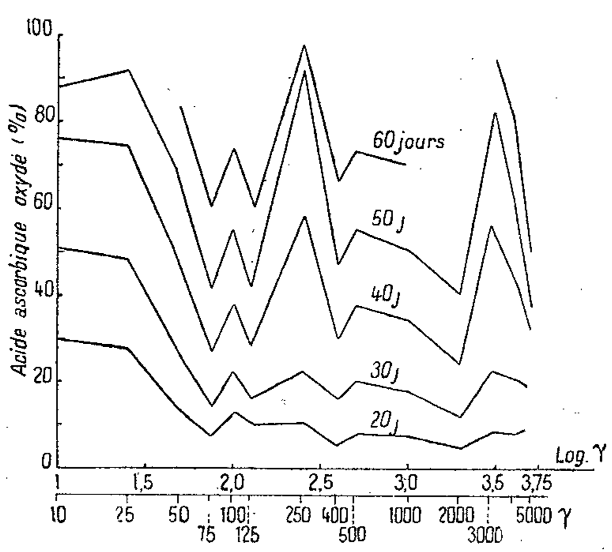



Fig. 1.

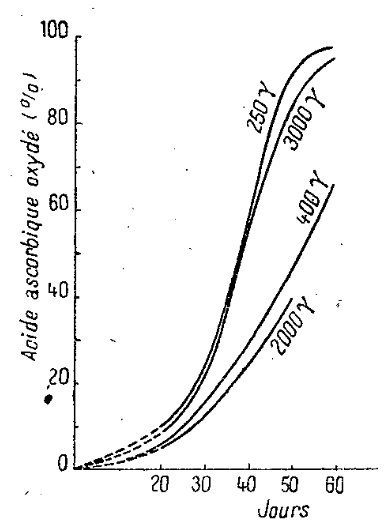



Fig. 2.

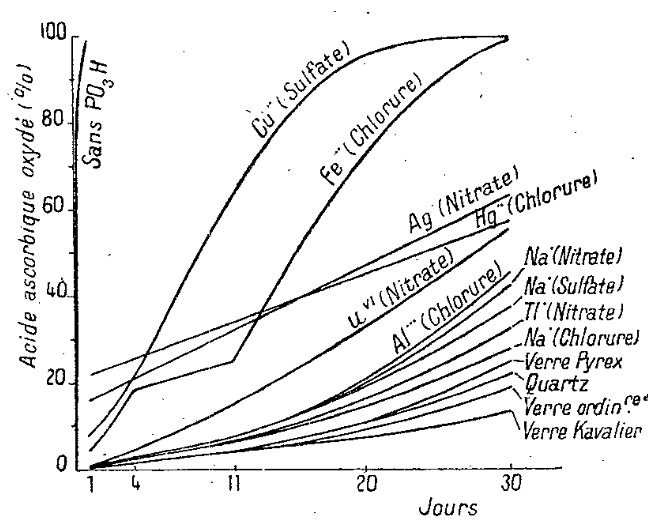



Fig. 3.

l'ensemble des résultats obtenus à la température du laboratoire (16°) pour des teneurs en acide ascorbique allant de 10 à 5000 γ/cm³. Les abscisses indiquent le $\log_{10}$ des concentrations en acide ascorbique employées, les ordonnées le % de vitamine oxydée au bout des temps indiqués sur chaque courbe.

On remarque que l'oxydation passe par une série de maxima et de minima (*fig.* 1). En particulier, l'un de ces minima correspond à un rapport R des concentrations moléculaires en acide métaphosphorique et acide ascorbique voisin de 1 (ac. ascorbique = 2000 γ/cm³, R = 1,1).

Le rôle du degré d'hydratation du $PO^3H$ dans ce milieu (transformation en acides pyro et orthophosphoriques) d'une part, et son état de polymérisation d'autre part, n'étant pas entièrement élucidés, nous n'interpréterons pas pour le moment ce phénomène.

La marche de l'oxydation est représentée en fonction du temps, par une

---

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 706.

série de courbes (*fig.* 2). La vitesse de réaction augmente avec le temps au moins jusqu'à une valeur correspondant à 80 % de vitamine oxydée.

On remarque que cette marche de l'oxydation inhibée (que l'on peut rapporter à un rôle de catalyseur antioxygène de l'acide métaphosphorique) est nettement différente dans l'effet inverse : l'oxydation activée par le sulfate de cuivre par exemple pour laquelle on observe des vitesses décroissantes avec le temps (*fig.* 3).

Nous avons examiné aussi l'influence de divers ions sur la solution vitaminique protégée par $PO^3H$. L'allure de la courbe d'oxydation en fonction du temps (*fig.* 3) est différente suivant les cas. Cette action plus ou moins marquée est en général antagoniste de celle de l'acide métaphosphorique. Pour cette dernière raison nous avons abandonné, dans la pratique, l'usage des solutions tampons pour la conservation de l'acide ascorbique lorsqu'il était déjà protégé par $PO^3H$. Nos essais sur diverses solutions tampons (ClH + glycocolle; ClH + citrate de sodium; ClH + ClK) à des pH allant depuis 1,2 jusqu'à 4 confirment cette manière de voir [2].

A côté de cette action des tampons, la nature des parois des récipients qui contiennent les solutions n'est pas non plus indifférente en dehors de toute influence du pH. C'est ainsi que les solutions d'acide ascorbique se conservent mieux dans du verre Kavalier (*fig.* 3) et mieux encore dans un récipient paraffiné intérieurement.

De plus, nous avons étudié l'influence de l'âge des solutions aqueuses de $PO^3H$, sur le pouvoir protecteur vis-à-vis de la vitamine C. En faisant agir une solution préparée depuis un mois, et conservée à 16°, sur l'acide ascorbique (concentration = 50 $\gamma/cm^3$), le taux de substance oxydée au bout de 30 jours de contact est de 69 %, il est de 44 %, si la conservation est faite à 0°; il est de 25 % pour une solution d'acide métaphosphorique récemment préparée.

Il ressort de ces diverses expériences qu'en pratique les solutions tampons sont inutiles et souvent nuisibles à la bonne conservation de la vitamine C déjà protégée par l'acide métaphosphorique. De plus, il est possible de conserver un pouvoir protecteur sinon entier du moins peu altéré à des solutions d'acide métaphosphorique à basse température pendant un temps assez long. Ce dernier fait explique en partie la bonne conservation des solutions vitaminiques dans la glacière. On remarque enfin qu'il est avantageux de choisir des concentrations en acide ascorbique correspondant aux minima d'oxydation (voisins de 5000, 2000, 400, 125, 75 $\gamma/cm^3$) ($PO^3H$ à 0,1 %), le titre en vitamine C des solutions ainsi préparées et abandonnées à une température inférieure à + 4° reste constant pendant plusieurs mois à moins de 1 % près.

---

[2] Exceptionnellement le tampon acide citrique + $PO^4HNa^2$ à pH = 2,6 a une influence à peu près nulle sur le pouvoir antioxygène du $PO^3H$.

PROTISTOLOGIE. — *Les caractères généraux des Trypanosomes pathogènes des Mammifères et les indications qu'ils fournissent sur leur origine.* Note de M. **Georges Lavier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Envisageant ([1]) l'évolution de la morphologie dans le genre *Trypanosoma*, j'avais laissé de côté le groupe communément appelé *Trypanosomes pathogènes des Mammifères*, c'est-à-dire les espèces (au sens large) *T. evansi*, *T. equiperdum*, *T. brucei*, *T. congolense* et *T. vivax*.

Ce groupe aberrant ne l'est pas tant par la pathogénicité que par d'autres caractères biologiques intéressants : la division du trypanosome se fait de façon continue pendant toute l'infestation de l'hôte et non pendant une période préliminaire bien tranchée; autrement dit, il n'y a plus de forme adulte; en outre le Trypanosome est capable d'infecter des hôtes spécifiquement très éloignés les uns des autres, au lieu de ne pouvoir se développer que chez une seule espèce ou un nombre extrêmement restreint d'espèces très voisines : il n'y a pas de spécificité parasitaire; enfin, ou bien il n'y a pas d'évolution chez un hôte intermédiaire invertébré, ou bien quand il y en a une (chez une Glossine) elle ne se fait pas suivant le type général qui est la multiplication dans l'intestin, avec infestation contaminative du Vertébré.

Quant à la pathogénicité elle-même, elle est susceptible d'apparaître chez des Trypanosomes habituellement inoffensifs : on la connaît ainsi chez des espèces parasites soit d'Amphibiens (*T. inopinatum*, *T. leptodactyli*, *T. parroti*), soit d'Oiseaux (*T. paddæ*), soit de Mammifères (*T. lewisi*). Cette pathogénicité occasionnelle a permis un certain nombre d'observations portant surtout sur *T. lewisi*; bien que certains auteurs l'aient produite expérimentalement, les causes qui la déterminent restent extrêmement obscures. Mais, fait particulièrement intéressant, en même temps qu'elle, on voit apparaître une prolongation du temps de division, qui, au lieu de cesser au 8ᵉ-9ᵉ jour, peut persister jusqu'au 25ᵉ et au delà, et un fléchissement de la spécificité parasitaire, la trypanosome pouvant alors infecter Souris, Mulots, Campagnols, Cobayes et Lapins. Ainsi, quand un Trypanosome devient accidentellement pathogène, il présente en même temps une tendance nette vers les autres caractères biologiques du groupe pathogène.

A vrai dire, il n'y a, dans le cas de *T. lewisi*, qu'une étape dans ce sens, car, bien que le temps de division soit allongé, il y a encore une forte proportion des individus qui cessent de se multiplier pour devenir adultes; il en est de même pour *T. cruzi* chez qui la multiplication peut durer autant que l'infestation, mais où il y a encore apparition de formes adultes. Cela permet toutefois de comprendre ce qui s'est passé à l'origine des espèces constituant le groupe

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 39.

pathogène : si le phénomène porte non plus sur une partie, mais sur l'ensemble des individus, il entraîne une disparition totale de la forme adulte, cette forme qui est incapable de se diviser sans changer d'hôte ; il n'y a plus que des formes juvéniles douées d'un pouvoir indéfini de multiplication et morphologiquement plus simples. Ici donc joue encore le raccourcissement de la vie individuelle qui a été, ainsi que nous l'avons montré précédemment, le grand facteur de l'évolution dans le genre. C'est, en dernière analyse, l'augmentation indéfinie du pouvoir de multiplication du Trypanosome qui est à l'origine du groupe; c'est de là que dérivent les caractères nouveaux qu'il présente, y compris très probablement le pouvoir pathogène lui-même et l'on ne peut se défendre de faire à ce sujet un rapprochement avec la cellule cancéreuse qui, elle aussi, acquiert le caractère pathogène avec le pouvoir de multiplication indéfinie.

Il nous reste à montrer comment, à la lumière de ces faits, il est possible d'envisager l'origine de chacune des espèces qui constituent le groupe.

La séance est levée à $15^h30^m$.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 19 AVRIL 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomaire aura lieu le mercredi 28 avril au lieu du lundi 26.

GÉNÉTIQUE. — *Hérédité d'akènes pourvus de deux embryons chez une Composée cultivée, le Tournesol* (Helianthus annuus *L.*). Note de **M. LOUIS BLARINGHEM.**

Dans des cultures de Tournesol en vue de la production d'huile (1), j'ai observé une anomalie très rare, et signalée une seule fois à ma connaissance par Schlotthauber (1860), dont la fixation me paraît possible; du moins les résultats obtenus en deux générations sont très encourageants. Pour vérifier et compléter les recherches sur ce sujet, il faut s'astreindre à opérer la décortication des akènes à la main après une trempe à l'eau tiède (30 à 40°) d'une demi-heure environ. Depuis juillet 1940 j'ai décortiqué ainsi plus de 100 000 akènes de diverses provenances et je n'ai trouvé, hors de mes cultures, que 2 akènes pourvus d'embryons doubles, soit 1 pour 50000, alors qu'un des capitules de ma sélection donne une proportion de 5 %.

La présence d'akènes doubles est liée, dans les lignées que je cultive, à des irrégularités dans la répartition des fleurons sur les capitules épanouis. Sur les capitules normaux, les fleurons et les fruits qui leur succèdent sont disposés en arcs de spirale réguliers qui, amorcés entre les fleurons ligulés du bord du disque, convergent vers le centre avec une grande uniformité, au fur et à mesure de l'étalement des capitules; jour par jour, à partir du bord du disque, les fleurons s'épanouissent, puis, fécondés, tombent, laissant des cicatrices nettes sur les jeunes fruits qui gonflent et lignifient les parois carpellaires d'autant plus rapidement que les embryons sont mieux constitués et nourris; il arrive souvent, pour les très gros capitules (diamètre $30^{cm}$), que les fruits du pourtour

---

(1) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 337.

du disque tombent ou sont la proie des oiseaux alors que les fleurons du centre sont encore fermés; vers le centre d'ailleurs, bon nombre d'ovaires ne sont pas fécondés et les enveloppes des akènes, flasques sous la pression des doigts, sont éliminées par le vannage ou par la décantation sur l'eau.

La disposition des akènes sur les capitules soumis à une sélection est irrégulière; assez tôt dans la succession des fleurons, je trouve quelques groupes discordants qui trahissent la suture de deux akènes voisins et lorsque ce fait est noté en un point, la même irrégularité s'est produite sur le pourtour du disque, donc se retrouve sur la circonférence passant par ce point. Il s'agit d'une fascie localisée à certaine phase de la croissance du disque et cette fascie modifie ou plutôt soude entre eux un nombre variable de fleurons bien avant leur épanouissement. Un examen attentif permet d'ailleurs de découvrir quelques fleurons soudés à section elliptique et, plus rarement, des fleurons axés renfermant le nombre double de pétales et d'étamines; les observations faites sur les disques mûrs avant la récolte sont plus faciles et plus probantes.

On peut noter la présence d'akènes soudés, d'akènes multiples avec étalement ovale, elliptique ou plus complexe de la cicatrice apparente laissée par la chute du fleuron correspondant. Dans la lignée sélectionnée pour cet objet, 10 capitules très larges (25 à 35$^{cm}$ de diamètre) ont été choisis et la moitié des akènes (environ 2500) décortiqués avec soin, le surplus étant conservé pour des semailles éventuelles; dans la récolte de 1941, un seul akène a été observé renfermant deux embryons bien conformés et ajustés côte à côte en parallélisme parfait; plus souvent pour les akènes doubles les deux loges sont également développées et à côté d'un embryon sain et volumineux, à forte gemmule et à cotylédons bourrés de réserves, on trouve, suspendu dans la même loge, un embryon avorté, desséché, long de quelques millimètres où l'on distingue les deux cotylédons brunis et enroulés en vrille. La production d'akènes à deux embryons est donc liée, en principe, à la suture par fascie localisée de quelques akènes au cours de l'étalement du capitule et cette anomalie, du type des fascies florales, répond aux cas bien étudiés par Hugo de Vries (1891 à 1899), sous le titre des *variétés instables*. J'examinerai ailleurs les particularités de cette déviation dont l'analyse exige la comparaison de nombreux cas, mais qui doivent être assez fréquentes dans les cultures du Tournesol. Notons cependant qu'il faut distinguer clairement la suture d'akènes à un embryon, chacun d'eux ayant une gaine lignifiée ovarienne, des akènes pourvus de deux embryons, développés ou avortés, insérés dans une même loge ligneuse.

Passons à l'examen d'un des capitules de la récolte d'octobre 1942 et choisi, avec quelques autres, pour la culture de 1943; c'est l'un des plus précoces et la fréquence des sutures d'akènes y fut très élevée, 45 groupés en couronne dans la zone distante de 12 à 15$^{cm}$ du pourtour du disque dont le diamètre dépasse 35$^{cm}$; il porte en outre 717 akènes simples. Le plus petit capitule de la

même origine atteint 22$^{cm}$ de diamètre et porte 16 groupes d'akènes soudés et 329 akènes simples. Cette épreuve est décisive; l'hérédité de l'état de fascie est évident.

La démonstration de l'hérédité des akènes à deux embryons est moins nette. Les 762 (717 + 45) fruits donnent à la décortication un fort pourcentage d'akènes vides, au total 168 dont 17 à sutures; la dissection des 28 akènes soudés et fertiles fournit 11 akènes à 2 embryons parfaits (*fig.* 1 et 2) com-

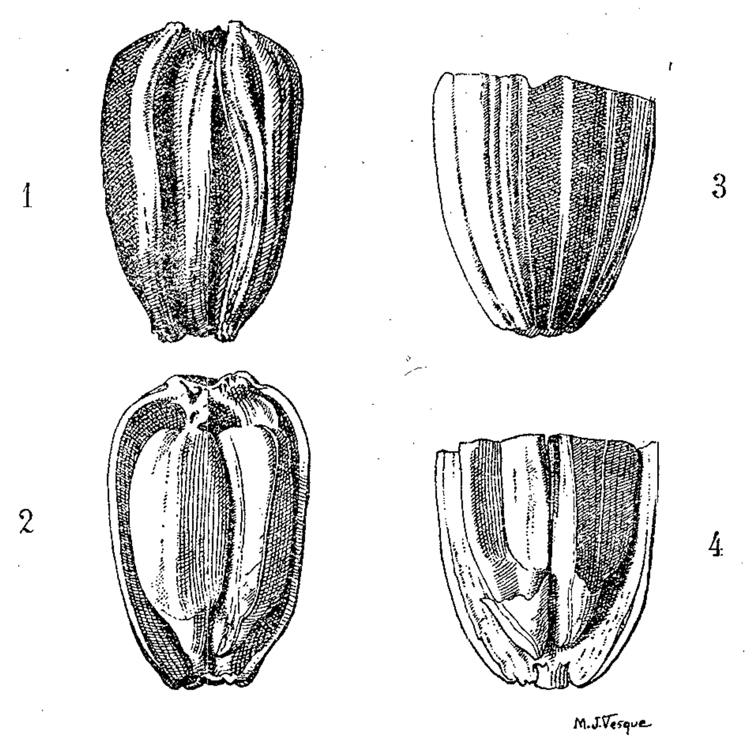


Fig. 1. — Akène multiple résultant de la structure de trois fleurons donnant à maturité une seule loge renfermant deux embryons bien constitués, légèrement déformés par leur compression mutuelle (*fig.* 2).

Fig. 3. — Moitié d'un akène de forme normale coupé par le milieu pour examen du contenu; on y trouve deux embryons égaux disposés symétriquement (*fig* 4). Cette disposition me paraît répondre à un type d'akène susceptible d'être fixé par sélection prolongée.

primés dans une même loge à parois lignifiées, mais je trouve dans la même zone 3 akènes formés par deux valves symétriques, en apparence akènes simples, qui renferment 2 embryons égaux accolés face à face (*fig.* 3 et 4), au total 14 akènes pourvus de 2 embryons; la proportion est élevée, 14 doubles et fertiles pour 594 fertiles, près de 3 %. Or, l'examen à la loupe de tous les akènes, simples en apparence, indiquent que cette proportion est plus élevée; souvent les akènes simples pourvus d'un embryon parfait renferment en plus un embryon avorté, réduit à deux membranes sèches, jaunies, qui sont les cotylédons, avec macule brune à leur attache, résidu de la plumule desséchée prématurément dans l'akène double; souvent le développement complet d'un des embryons entraîne l'avortement du jumeau. Dans cette lignée étudiée, quelques plantes font passer le pourcentage des fruits à deux embryons du taux initial (1941) 1 pour 50 000 à la proportion (1943) 5 %, résultat de deux années de sélection.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Archives positivistes. *Auguste Comte. Système de philosophie positive. Préliminaires généraux et conclusions* (1830-1842). (Édition commémorative du premier Centenaire de la publication du tome sixième et dernier du Cours de philosophie positive.)

2° *Annales de l'Observatoire du Houga.* Directeur : J. Peridier. Tome I : *Étude physique de la Planète Mars. Opposition de* 1939, par Gérard Oriano de Vaucouleurs. Fascicule I.

### CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un critère d'indépendance.* Note de M. **Jean Ville**, transmise par M. Émile Borel.

1. Étant donnée une suite de valeurs numériques

$$x_1,\ x_2,\ \ldots,\ x_n; \tag{1}$$

on a souvent à examiner si elles peuvent être considérées comme la suite des valeurs prises par une même variable aléatoire X au cours de $n$ épreuves successives indépendantes. Un critère simple consiste à se fixer un nombre $m$, à poser $y_i = 0$ si $x_i \leqq m$, $y_i = 1$ si $x_i > m$, et à comparer la suite ainsi obtenue à la suite des résultats d'une suite d'épreuves répétées au sens de Bernoulli [1]. Soient $r_1$, $r_2$, $r_3$, $r_4$ les répétitions respectives des groupes 00, 01, 10, 11. Si la probabilité que $y_i = 0$ est égale à $p$, nous avons, quand $n$ tend vers l'infini, $r_1 r_4 - r_2 r_3 = o\left(1/\sqrt{n}\right)$. Pour préciser le mode d'application du critère, il faut établir la loi de probabilité liée de $r_1$, $r_2$, $r_3$, $r_4$.

2. Plus généralement, supposons les $y_i$ liés en chaîne simple de Markoff, avec les probabilités initiales $p_0$, $p_1$ et les probabilités de passage $p_{00}$, $p_{01}$, $p_{10}$, $p_{11}$. Nous avons obtenu pour la probabilité de rencontrer les répétitions $r_1$, $r_2$, $r_3$, $r_4$ au cours des $n$ premières épreuves l'expression

$$\mathrm{A}\, p_{00}^{r_1} p_{01}^{r_2} p_{10}^{r_3} p_{11}^{r_4},$$

avec

$$\begin{aligned}
&\mathrm{A} = p_0\, \mathrm{C}_{r_1+r_2-1}^{r_1} \mathrm{C}_{r_3+r_4}^{r_4}, && \text{si } r_2 = r_3 + 1;\\
&\mathrm{A} = p_0\, \mathrm{C}_{r_1+r_2}^{r_1} \mathrm{C}_{r_3+r_4-1}^{r_4-1} + p_1\, \mathrm{C}_{r_1+r_2-1}^{r_1} \mathrm{C}_{r_3+r_4}^{r_4}, && \text{si } r_2 = r_3;\\
&\mathrm{A} = p_1\, \mathrm{C}_{r_1+r_2}^{r_1} \mathrm{C}_{r_3+r_4-1}^{r_4-1}, && \text{si } r_2 = r_3 - 1;
\end{aligned}$$

ces trois cas étant les seuls possibles.

---

[1] Voir sur ce sujet : Romanovski, *Giornale dell' Istituto Italiano degli Attuari*, **10**, 1932, p. 1, où l'auteur traite le même problème par une méthode tout à fait différente.

Quand $n$ tend vers l'infini, la loi de distribution de $r_1$, $r_2$, $r_3$, $r_4$ tend vers une loi à deux variables. Nous avons obtenu pour $r_1$ et $r_2$ les expressions asymptotiques

$$(2)\quad \begin{cases} r_1 = n\dfrac{p_{00}p_{10}}{p_{01}+p_{10}} - \dfrac{\sqrt{n\,p_{01}p_{10}}}{(p_{01}+p_{10})^{\frac{3}{2}}}\left[(1+p_{10})\sqrt{p_{00}}\,u + p_{00}\sqrt{p_{11}}\,v\right]; \\ r_4 = n\dfrac{p_{11}+p_{01}}{p_{01}+p_{10}} + \dfrac{\sqrt{n\,p_{01}p_{10}}}{(p_{01}+p_{10})^{\frac{3}{2}}}\left[p_{11}\sqrt{p_{00}}\,u + (1+p_{01})\sqrt{p_{11}}\,v\right]; \end{cases}$$

où $u$ et $v$ sont deux variables centrées, normées indépendantes, obéissant à une loi de Gauss.

3. Soit maintenant à estimer si la suite $y_i$ peut être considérée comme une suite de résultats d'épreuves de Bernoulli, avec $p = 1/2$. Faisant

$$p_0 = p_{00} = p_{10} \ldots = p_{11} = \frac{1}{2},$$

nous tirons de (2)

$$(3)\qquad \chi^2 = u^2 + v^2 = \frac{1}{n}\left[5\left(r_1 - \frac{n}{4}\right)^2 + 5\left(r_4 - \frac{n}{2}\right)^2 + 6\left(r_1 - \frac{n}{4}\right)\left(r_4 - \frac{n}{4}\right)\right],$$

et il est facile, en se reportant à une table de la fonction de distribution de $\chi^2$, de vérifier si la valeur (3) reste dans des limites acceptables.

4. En pratique, on prendra, pour valeur de comparaison $m$, la valeur médiane des $x_i$ observés. Nous avons montré que, pour $n$ tendant vers l'infini, la loi de distribution de $r_1$, $r_2$, $r_3$, $r_4$ tend vers une loi à une variable, soit $r_1$, de la forme :

$$\Pr\left\{\left|r_1 - \frac{n}{4}\right| < \lambda\frac{\sqrt{n}}{4}\right\} = \frac{2}{\sqrt{2\pi}}\int_0^{\lambda} e^{-\frac{t^2}{2}}\,dt,$$

ce qui permet de juger si $r_1$ reste dans des limites acceptables.

TOPOLOGIE. — *Quelques propriétés caractéristiques des ensembles possédant la propriété des quatre points et des ensembles filiformes* [1]. Note de M. **Ky Fan**, présentée par M. Élie Cartan.

Pour la terminologie, voir une Note antérieure.

I. Le théorème suivant nous donne quelques propriétés caractéristiques des ensembles possédant la propriété des quatre points [1] :

Théorème 1. — *Dans un espace de F. Riesz* [1], *pour qu'un ensemble* E *connexe formé de plus d'un point possède la propriété des quatre points, chacune des trois*

---

[1] *Comptes rendus*, **213**, 1941, pp. 518-520; pour le détail voir *Bull. Soc. royale Sci. Liége*, 1941, pp. 625-642.

*conditions suivantes est nécessaire et suffisante :* 1° *Si trois sous-ensembles connexes de* E *ont un point commun, l'un au moins d'entre eux est contenu dans la réunion des deux autres;* 2° *Si* X, Y, Z *sont trois sous-ensembles connexes de* E *tels que* $X+Y+Z \neq E$, *l'un au moins d'entre eux contient le produit des deux autres;* 3° *Tout vrai sous-ensemble connexe de* E *est filiforme* (¹) *ou se réduit à un seul point.*

Quant aux ensembles filiformes, nous avons le théorème suivant :

Théorème 2. — *Dans un espace de F. Riesz, pour qu'un ensemble* E *connexe, formé de plus d'un point, soit filiforme, chacune des deux conditions suivantes est nécessaire et suffisante :* 1° *Si trois sous-ensembles connexes de* E *sont deux à deux non disjoints, l'un au moins d'entre eux est contenu dans la réunion des deux autres;* 2° *Si trois sous-ensembles connexes* X, Y, Z *de* E *sont tels que* $Y+Z \neq E$, $Z+X \neq E$, $X+Y \neq E$, *l'un au moins d'entre eux contient le produit des deux autres.*

II. Nous considérons maintenant l'ensemble E lui-même comme un espace de F. Riesz, et nous supposons qu'il soit connexe et localement connexe (²).

Théorème 3. — *Soit* $\mathcal{E}$ *un espace de F. Riesz, connexe et localement connexe. Pour que* $\mathcal{E}$ *possède la propriété des quatre points, chacune des deux conditions suivantes est nécessaire et suffisante :* 1° *Si trois domaines* (³) *dans* $\mathcal{E}$ *ont un point commun, l'un au moins d'entre eux est contenu dans la réunion des deux autres* (⁴); 2° *Si* A, B, C *sont trois domaines dans* $\mathcal{E}$ *tels que* $A+B+C \neq \mathcal{E}$, *l'un au moins d'entre eux contient le produit des deux autres.*

Théorème 4. — *Soit* $\mathcal{E}$ *un espace de F. Riesz, connexe et localement connexe. Pour que* $\mathcal{E}$ *soit filiforme, chacune des deux conditions suivantes est nécessaire et suffisante :* 1° *Si trois domaines dans* $\mathcal{E}$ *sont deux à deux non disjoints, l'un au moins d'entre eux est contenu dans la réunion des deux autres;* 2° *Si trois domaines* A, B, C *dans* $\mathcal{E}$ *sont tels que* $B+C \neq \mathcal{E}$, $C+A \neq \mathcal{E}$, $A+B \neq \mathcal{E}$, *l'un au moins d'entre eux contient le produit des deux autres.*

Nous dirons qu'un domaine D dans un espace connexe $\mathcal{E}$ est un *domaine maximal*, si $0 \neq D \neq \mathcal{E}$ et s'il n'existe aucun domaine G tel que $D \subset G$ et $D \neq G \neq \mathcal{E}$. Pour un espace de F. Riesz, $\mathcal{E}$, connexe et localement connexe, on peut prouver que les domaines maximaux de $\mathcal{E}$ ne sont autres que les ensembles connexes obtenus en enlevant un seul point de $\mathcal{E}$. Il en résulte (¹) que pour un espace de F. Riesz, $\mathcal{E}$, connexe, localement connexe et possédant la propriété des quatre points, le nombre des domaines maximaux de $\mathcal{E}$ ne peut être que 0, 1, 2 ou infini.

---

(²) Cf. F. Hausdorff, *Mengenlehre*, 3e éd., 1935, p. 155.

(³) On appelle, comme d'habitude, *domaine* tout ensemble connexe ouvert.

(⁴) Cette condition s'apparente à la propriété simple suivante due à M. Denjoy : *Si trois intervalles ont un point intérieur commun, l'un au moins de ces intervalles est tel que tout point intérieur à lui est intérieur à l'un au moins des deux autres.*

III. En se servant du théorème 3, on peut établir la nouvelle caractérisation topologique suivante des figures fondamentales ([4]) :

THÉORÈME 5. — *Pour qu'un espace accessible* ([5]) *connexe soit une figure fondamentale, il faut et il suffit qu'il possède une base* ([6]) *dénombrable exclusivement constituée par des domaines et vérifie la condition* 1° (*ou* 2°) *du théorème* 3.

*Une figure fondamentale est un arc simple, ou un rayon topologique, ou une droite topologique, ou une circonférence topologique, suivant que le nombre de ses domaines maximaux est* 2 *ou* 1 *ou* 0 *ou infini.*

Si l'on ne veut considérer que les trois premiers types des figures fondamentales, nous avons le théorème que voici :

THÉORÈME 6. — *Pour qu'un espace accessible connexe soit une figure fondamentale de l'un des trois premiers types, il faut et il suffit qu'il possède une base dénombrable exclusivement constituée par des domaines et vérifie la condition* 1° (*ou* 2°) *du théorème* 4.

Enfin il est peut-être intéressant de remarquer que les conditions figurant dans les théorèmes 5 et 6 ne sont imposées qu'à la famille des domaines de l'espace.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure d'un bruit de fond par thermocouple et par appareil redresseur.* Note de MM. **Jean Baurand** et **Bernard Vallantin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons mesuré expérimentalement le bruit de fond moyen d'un amplificateur, en employant comme appareils de mesure un thermocouple et un appareil de mesure à redresseur, placés tous deux en série à la sortie de l'amplificateur.

I. Un courant sinusoïdal traversant les deux appareils donne la même indication; l'ensemble formé en superposant des courants sinusoïdaux n'ayant pas les mêmes fréquences donne des indications différentes. Le calcul a été fait dans le cas d'un courant sinusoïdal de basse fréquence donnant des battements avec une harmonique d'ordre élevé, agissant soit sur un redresseur quadratique (thermocouple), soit sur un redresseur linéaire à deux alternances (milliampère à quatre redresseurs montés en pont). Ce calcul montre que, si l'intensité efficace de chacun des courants est 1 mA, l'intensité efficace du courant total sera $\sqrt{2} = 1{,}41$ mA, tandis que l'intensité moyenne du courant redressé sera $4/\pi = 1{,}27$ mA.

---

([5]) Nous ne considérons que les espaces accessibles formés de plus d'un point. Pour la définition des espaces accessibles, voir M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, 1928, p. 185.

([6]) Une base d'un espace est un système d'ensembles ouverts tel que tout ensemble ouvert soit une somme d'ensembles du système.

L'expérience faite en superposant deux courants de fréquences 50 et 1000 c:s environ (l'étalonnage de l'appareil à redresseur étant le même pour ces deux fréquences), donne les courants indiqués, et montre que ces résultats sont valables même si le courant haute fréquence n'est pas harmonique du premier.

II. La superposition de deux courants sinusoïdaux donnant des indications différentes aux deux appareils de mesure, en sera-t-il de même quand les deux instruments seront traversés par le même bruit de fond, considéré comme résultant de la superposition d'une infinité de courants de fréquences et phases différentes, réparties au hasard?

Nous mesurons, à l'aide des deux mêmes appareils en série, le bruit de fond de deux amplificateurs. Le premier est sélectif, il est accordé sur 1000 c:s, il a une bande passante de 60 c:s; la résistance d'entrée étant 4 mégohms; l'amplification réglable permet de faire varier le bruit de fond de sortie : les deux appareils donnent alors les mêmes indications à moins de 6 % près. Le deuxième amplificateur, à résistances, non sélectif, donne un bruit de fond plus ou moins grand par variation de la résistance de fuite de la première grille; ce bruit est filtré à la sortie de l'amplificateur, de façon à ne conserver que sa partie basse fréquence (0-3000 c:s). Les indications des deux appareils de mesure, placés en série à la sortie du filtre, sont identiques encore à moins de 10 % près. Cette différence résiduelle peut d'ailleurs être due au fait que le filtre laisse passer en partie les fréquences supérieures à 3000 c:s et que l'étalonnage de l'appareil à redresseur varie avec la fréquence au-dessus de 1500 c:s.

Ces expériences montrent que, dans les conditions indiquées ci-dessus, on peut mesurer un bruit de fond soit par thermocouple, soit par appareil à redresseur montés en pont.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur les multiplicateurs électroniques à focalisation magnétique*. Note de M. **Daniel Charles**, présentée par M. Camille Gutton.

Les multiplicateurs électroniques décrits par Zworykin [1] présentent un double intérêt : ils servent de cellules photoélectriques à grande sensibilité et comportent alors un grand nombre d'étages, ou réduits à deux étages ils sont utilisés aux mesures d'émissions secondaires. Jusqu'ici on calculait le mouvement des électrons en assimilant le champ électrique à un champ uniforme. Cette représentation sommaire donne une image très inexacte de la fin des trajectoires et du bombardement des plaques par le faisceau électronique.

C'est ce qui nous a conduit à perfectionner la théorie.

I. L'élément constitutif de ce type de multiplicateur est un ensemble de quatre plaques disposées comme l'indique la figure, et portées aux potentiels respectifs O, V, V, 2V.

(1) *Proceedings of the I. R. E.*, 24, 1936, pp. 351-375.

Nous avons donc tout d'abord déterminé exactement la forme des équipotentielles d'un tel élément.

L'état final pour les potentiels O, V, V, 2V peut être considéré comme la superposition de deux états O, O, O, V et O, V, V, V, le deuxième état se déduisant du premier par symétrie géométrique et changement de signe. Il reste donc à analyser l'état O, O, O, V. Nous y sommes parvenu en utilisant la transformation de Scharwz, dans le plan complexe (²).

Cette transformation est ici

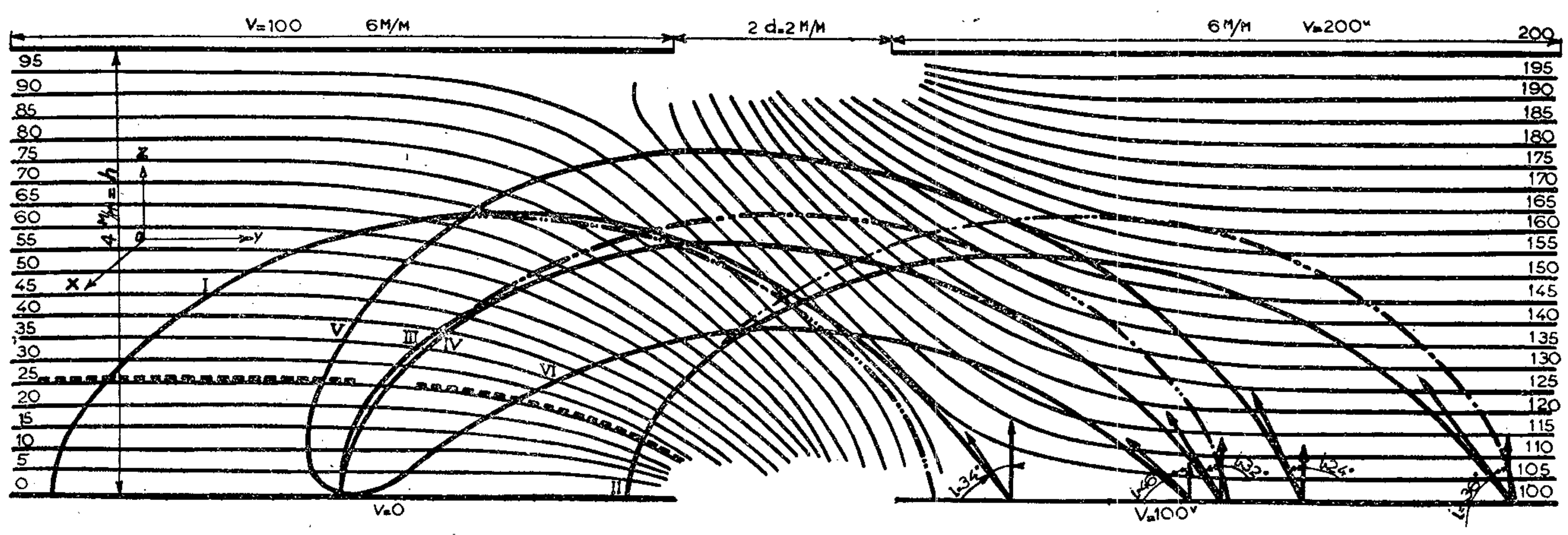
$$Z = R\left[z + \frac{1-a^2}{2}\,\mathrm{Log}e\left(\frac{z-1}{z+1}\right) - i\pi\frac{1-a^2}{2}\right], \tag{1}$$

où $a$ et R sont déterminés par

$$\frac{2a}{a^2-1} + \mathrm{Log}e\left(\frac{a+1}{a-1}\right) = \frac{d}{h}, \tag{2}$$

$$R = \frac{2h}{a^2-1}. \tag{3}$$

On introduit le potentiel V en écrivant que la partie imaginaire de $(V/\pi)\,\mathrm{Log}(Z-1)$ est constante. Ce qui donne une représentation paramétrique simple des équipotentielles, dont nous avons dressé la carte (voir la figure).



II. On peut alors déterminer graphiquement les trajectoires contenues dans le plan de symétrie de l'appareil, en les assimilant, sur une faible étendue, à leur cercle de courbure. Le rayon de courbure est donné en chaque point par

$$R = \frac{2V}{E_n + vH}, \tag{4}$$

où $E_n$ est la composante du champ électrique normale à la trajectoire, facile à mesurer sur la carte de potentiel et H la valeur du champ magnétique de focalisation.

III. La figure donne quelques exemples de trajectoires ainsi calculées lorsque H = 105,7 gauss et V = 100 volts. Elles gardent la même forme pour

(²) J. Granier, *Introduction à l'étude des champs physiques*, Paris, 1941, p. 92.

toutes les autres valeurs de la tension de fonctionnement si l'on règle H de manière à ce que le quotient $H/\sqrt{V}$ reste constant.

L'équation (4) montre en effet que, dans ces conditions, le tableau des valeurs de R reste inchangé dans la mesure où l'on peut négliger l'influence de la vitesse initiale.

Les exemples I, II, III, relatifs à des électrons émis sans vitesse initiale, montrent le rôle de la position du point d'émission.

La trajectoire IV, comparée à III, montre le rôle d'une vitesse initiale correspondant à une énergie de 3 eV.

Pour une même énergie, les courbes V et VI montrent l'influence d'une direction tangentielle de la vitesse.

Enfin les cycloïdes classiques sont représentées en pointillé.

IV. Les corrections à apporter à la théorie élémentaire sont les suivantes :

*a*. le champ électrique réel produit un léger effet de concentration sur les trajectoires issues de points différents d'une même plaque émettrice;

*b*. pour les électrons issus d'un même point, et pour une orientation donnée de la vitesse initiale, les trajectoires sont à peu près indépendantes de la valeur de cette vitesse. Au contraire elles diffèrent complètement quand son orientation change;

*c*. pour des électrons issus de différents points de la plaque émettrice, l'angle d'incidence varie; il varie également avec l'orientation de la vitesse initiale pour des trajectoires issues d'un même point. Dans aucun cas l'incidence n'est normale;

*d*. l'incidence varie avec la tension appliquée, à moins que pour chaque tension on règle H de manière à maintenir constant le quotient $H/\sqrt{V}$.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la bande d'absorption dans le proche ultraviolet du sulfate de nickel en solution aqueuse et cristallisé*. Note de M. **Robert Tréhin**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude comparative de l'absorption de la lumière par les sels minéraux en solution aqueuse et cristallisés ne semble pas avoir fait jusqu'ici l'objet de recherches systématiques précises. Il m'a paru intéressant d'examiner la bande d'absorption d'un ion dans les deux conditions précédentes. J'ai choisi $Ni^{++}$ qui possède une bande intense dans le proche ultraviolet et j'ai opéré sur le sulfate $SO^4Ni, 7H^2O$ cristallisé en prismes orthorhombiques.

*Solutions aqueuses*. — Le produit de départ est le sulfate commercial convenablement purifié. La concentration de la solution saturée au voisinage de 10°C. a été déterminée par électrolyse et par dosage du nickel à l'état de diméthylglyoxime. On a trouvé 1,93 mol-g/l. Les autres concentrations, obtenues par dilution, ont été de 1,45, 0,965, 0,48, 0,24, 0,12 mol-g/l.

Les mesures d'absorption ont été faites entre 4500 et 3200 Å par photométrie

photographique (source lumineuse, tube de Chalonge; optique de quartz-fluorine; réduction de la lumière par secteurs tournants d'ouvertures variées). J'ai utilisé deux spectrographes, l'un de Hilger à prisme de Cornu (dispersion 80 Å/mm dans la région étudiée), l'autre, construit au laboratoire, à deux prismes de quartz et de dispersion plus grande (25 Å/mm) dans la même région spectrale. Une cuve coulissante en silice fondue à faces transparentes a permis de réaliser des épaisseurs de 1 à 8$^{mm}$ convenables selon les concentrations.

La bande est dépourvue de structure fine.

*A température constante.* — Quand la concentration augmente, la bande s'élargit, la longueur d'onde $\lambda_m$ correspondant à la valeur maximum du coefficient d'extinction $k$ demeure la même, mais la valeur du maximum croît avec la concentration.

Pour toutes les longueurs d'onde, le coefficient d'extinction augmente linéairement en fonction de la concentration. La loi de Beer s'applique aux solutions aqueuses de sulfate de nickel.

*Coefficient d'extinction* (température 14°,2).

| Concentration mol-g/l. | Longueurs d'onde (Å) 4500. | 4400. | 4225. | 4110. | 3950. | 3790. | 3610. | 3460. | 3200. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,93..... | 0,866 | 1,200 | 3,733 | 6,466 | 9,300 | 6,400 | 1,666 | 0,713 | 0,333 |
| 1,45..... | 0,650 | 0,900 | 2,803 | 4,856 | 6,984 | 4,805 | 1,251 | 0,535 | 0,250 |
| 0,965..... | 0,433 | 0,600 | 1,866 | 3,233 | 4,650 | 3,200 | 0,833 | 0,356 | 0,166 |
| 0,48..... | 0,215 | 0,297 | 0,926 | 1,608 | 2,312 | 1,587 | 0,413 | 0,177 | 0,082 |
| 0,24..... | 0,108 | 0,149 | 0,463 | 0,804 | 1,157 | 0,793 | 0,207 | 0,088 | 0,041 |
| 0,12..... | 0,054 | 0,075 | 0,232 | 0,402 | 0,578 max | 0,397 | 0,103 | 0,044 | 0,020 |
| 1,00..... | 0,448 | 0,621 | 1,932 | 3,349 | 4,817 max | 3,299 | 0,861 | 0,367 | 0,170 |

*A concentration constante.* — Pour toutes les longueurs d'onde le coefficient d'extinction croît avec la température, linéairement dans la région étudiée.

*Coefficient d'extinction* (concentration 1,93 mol-g/l).

| Longueur d'onde (Å). | Température 11°,1. | 32°,4. | 51°,2. | 77°,3. | 81°,7. | 90°,1. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4500....... | 0,800 | 1,000 | 1,133 | 1,333 | 1,400 | 1,466 |
| 4400....... | 1,166 | 1,500 | 1,866 | 2,266 | 2,500 | 2,600 |
| 4225....... | 3,666 | 4,300 | 4,900 | 5,600 | 5,866 | 6,100 |
| 4110....... | 6,100 | 6,900 | 7,600 | 8,500 | 8,800 | 9,200 |
| 3995....... | – | – | – | – | – | $10,850_{max}$ |
| 3993....... | – | – | – | – | $10,633_{max}$ | – |
| 3990....... | – | – | – | $10,400_{max}$ | – | – |
| 3975....... | – | – | $10,000_{max}$ | – | – | – |
| 3960....... | – | $9,550_{max}$ | – | – | – | – |
| 3950....... | $9,300_{max}$ | – | – | – | – | – |
| 3790....... | 6,400 | 6,500 | 6,633 | 6,766 | 6,833 | 6,866 |
| 3610....... | 1,633 | 1,766 | 1,833 | 1,966 | 2,000 | 2,033 |
| 3460....... | 0,700 | 0,766 | 0,800 | 0,866 | 0,866 | 0,900 |
| 3200....... | 0,333 | 0,366 | 0,433 | 0,466 | 0,500 | 0,533 |

Son accroissement est beaucoup plus rapide pour le bord de la bande situé du côté des grandes longueurs d'onde que pour le bord situé du côté des petites.

Quand la température augmente, le sommet de la courbe $k=f(\lambda)$ se déplace vers les grandes longueurs d'onde.

*Cristaux.* — Le calcul conduit à $0^{cm},285$ pour l'épaisseur de cristal correspondant à $1^{mm}$ de solution à 1,93 mol-g/l. Or l'expérience montre que les épaisseurs de solution les plus favorables pour les mesures au voisinage du maximum d'absorption sont de l'ordre de quelques millimètres. Il est donc nécessaire de tailler des lames assez minces : leurs épaisseurs ont été de 0,90, 0,65, 0,52, 0,35 mm. On les obtient par usure progressive. Elles sont fixées par une trace de colle devant un trou de diamètre $1^{mm}$. L'image de la source est projetée sur la lame et l'image de cette dernière est projetée sur la fente du spectrographe.

Le coefficient d'extinction a été déterminé par une méthode différentielle afin d'éliminer les erreurs provenant de la réflexion et de la diffusion.

Le spectre est indépendant de la direction de la taille.

La courbe $k=f(\lambda)$ a la même allure que pour la solution, mais le maximum a lieu pour 3890 Å.

Si l'on chauffe le cristal jusqu'au voisinage de la température pour laquelle il commence à se déshydrater, on n'observe aucune modification dans le spectre.

Pour toutes les longueurs d'onde, le cristal est plus transparent que la solution (il en est d'ailleurs de même dans l'ultraviolet lointain). La différence est surtout marquée au voisinage du maximum.

Du côté des petites longueurs d'onde, le bord de la bande du cristal reste voisin du bord de la bande de la solution malgré les variations de température. Du côté des grandes longueurs d'onde, le bord de la bande du cristal est éloigné du bord de la bande de la solution et d'autant plus que la température est plus élevée.

*Coefficient d'extinction* (température 14°,2).

| | Longueurs d'onde (Å). | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4500. | 4400. | 4225. | 4110. | 3950. | 3890. | 3790. | 3610. | 3460. | 3200. |
| Solution ([a])... | 0,866 | 1,200 | 3,733 | 6,466 | 9,300 max | 8,600 | 6,400 | 1,666 | 0,713 | 0,333 |
| Cristal ([b]).... | 0,517 | 0,627 | 1,516 | 3,422 | 7,000 | 7,549 max | 5,808 | 1,516 | 0,554 | 0,240 |

([a]) à 193 mol.-g/l, épaisseur $1^{cm}$; ([b]) épaisseur $0^{cm},285$.

*Remarque.* — Les courbes $k=f(\lambda)$ pour la solution et le cristal sont dissymétriques par rapport à la verticale d'abscisse $\lambda_m$, mais si l'on représente $k$ en fonction de la fréquence $\nu$, on obtient des courbes symétriques par rapport à la verticale d'abscisse $\nu_m$.

SPECTROSCOPIE. — *Identification d'un nouveau système de bandes de la molécule neutre d'azote.* Note de M[me] **Renée Herman**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait que le spectre ultraviolet de l'azote se compose surtout du deuxième groupe positif. Lorsqu'on prolonge la pose, on voit apparaître du côté des courtes longueurs d'onde de ce système, outre le quatrième groupe positif, de nombreuses bandes, les unes dégradées vers le rouge ou vers le violet, les autres sans tête apparente. Certaines de ces bandes ont été signalées par Kaplan qui a essayé de les rattacher au niveau inférieur du système de bandes de van der Ziel, niveau dont l'énergie électronique n'est pas connue jusqu'à présent (1). Ayant réussi à exciter ces bandes avec une intensité relativement grande, nous avons pu les photographier à l'aide d'un spectrographe à optique de quartz ouvert à $f/30$ et donnant une dispersion de 8 Å par millimètre environ vers 2500 Å.

Les bandes ci-dessus appartiennent à plusieurs systèmes superposés et réduits pour la plupart aux bandes correspondant uniquement au premier niveau de vibration de l'état supérieur. Cette circonstance les rend difficiles à identifier. Dans le tableau figurent les longueurs d'onde d'un certain nombre

| $v''$.......... | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v'$. O......... | 2242,32 | 2315,33 | 2391,62 | 2471,39 | 2554,87 | 2642,1 | 2733,2 |
| | 44582,8 | 43177,1 | 41799,9 | 40450,8 | 39129,2 | | |
| $\Delta G(v)$ mes.... | 1405,7 | 1377,2 | 1349,1 | 1321,6 | | | |
| $\Delta G(v)$ calc.... | 1404,7 | 1376,7 | 1349,0 | 1321,1 | | | |

Dans la première ligne figurent les longueurs d'onde dans l'air et dans la seconde ligne les nombres d'onde. Au-dessous, on a comparé les valeurs mesurées et calculées des différences des énergies de vibration du niveau inférieur.

de telles bandes qui forment un de ces systèmes. Les différences des nombres d'onde montrent que le niveau inférieur de ce système s'identifie avec le niveau $A^3\Sigma_u$ du premier groupe positif. Les nombres d'onde qui figurent dans le tableau peuvent être représentés par la formule

$$\nu = 95776,6 - (1446,44 v'' - 13,929 v''^2).$$

Le niveau supérieur se trouve à $95776,6 \text{ cm}^{-1} = 11,816$ volts. Ces bandes, dégradées vers le violet, ont des intensités comparables aux intensités des bandes de Vegard-Kaplan, très faibles par rapport au second groupe positif. Elles résultent probablement d'une transition interdite. La répartition d'intensité des bandes correspond d'autre part à l'équilibre thermique des molécules au niveau supérieur (les bandes à $v' = 0$ sont de beaucoup les plus intenses), ce qui ne peut être réalisé sous très basse pression que si ce niveau

(1) J. Kaplan, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 631; 47, 1935, p. 259.

est métastable. On en conclut que le niveau supérieur est vraisemblablement $^3\Delta_g$. L'existence d'un tel niveau a été prévu par Recknagel pour la molécule neutre de l'azote (²). Toutefois la valeur calculée de son énergie électronique est de 14 volts environ au lieu de 11,8 volts.

L'intensité de ce système croît par rapport à celui du second groupe positif lorsque la pression diminue. Il est donc naturel de se demander si le rayonnement émis par les couches élevées de l'atmosphère ne renferme pas les bandes du système étudié ici. Le spectre observé du ciel nocturne s'arrêtant pratiquement vers 3000 Å, on ne peut vérifier l'existence des bandes ci-dessus qu'en faisant une petite extrapolation vers les grandes longueurs d'onde. Le tableau montre, à titre d'indication, les coïncidences relevées.

| $v''$ | 0. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ciel | 3029 (G) | 3145 (E) | 3263 (E) | 3384 (G) | 3509 (D) | 3642 (S) |
| | 3030 (A) | 3144 (D) | 3261 (G) | | 3511 (G) | 3646 (G) |
| | | 3144 (A) | 3264 (D) | | 3506 (A) | |
| Laboratoire | 3034,8 | 3145,0 | 3260,5 | 3381,6 | 3508,6 | 3641,9 |

D, mesures de J. Dufay (*Journal de Physique*, 7, 1934, p. 523);
G, » J. Gauzit (*Publications de l'Observatoire de Lyon*, 21, IX, 1938, p. 253);
E, » C. T. Elvey, P. Swings et Walter Linke (*Contributions from the Mc Donald Observatory*, University of Texas, n° 29);
A, » Arnulf (*Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1412);
S, » Sommer (*Zeits. für Physik*, 57, 1929, p. 582).

On voit que la présence de ces bandes dans le rayonnement du ciel nocturne n'est pas exclue, du moins pour la région spectrale située au-dessous de 3500 Å.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des vitesses de réaction entre solides, au-dessous de la température de recristallisation.* Note de M<sup></sup>lle **Jacqueline Longuet** et M. **Hubert Forestier**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le but de ce travail est d'étudier les vitesses de réaction entre oxydes métalliques, dans un intervalle de température compris entre 100° et 500°, intervalle dans lequel aucun rôle notable ne pouvait être attribué aux phénomènes de diffusion. Il était indispensable d'utiliser une méthode extrêmement sensible pour déceler, à l'état de traces, le composé susceptible de se former : nous avons choisi la méthode d'analyse magnétique, appliquée à la formation des ferrites ferromagnétiques $Fe^2O^3NiO$, $Fe^2O^3MgO$, $Fe^2O^3PbO$, dont la susceptibilité magnétique est considérablement plus élevée que celle des composants $Fe^2O^3$ et MO, M étant le métal divalent. L'aimantation du mélange permet ainsi d'évaluer la masse de ferrite formé.

Après précipitation simultanée et dessiccation sous vide cathodique à 100°, le mélange des oxydes est recuit à des températures variant entre 150° et 400°

(²) A. Recknagel, *Zeits. für Physik*, 87, 1934, p. 390.

pour les ferrites de nickel et de plomb, et entre 200° et 500° pour le ferrite de magnésium. Seuls les recuits de très courte durée (30 secondes, 1 minute, 5 minutes, 30 minutes) se sont révélés intéressants.

L'analyse magnétique nous a permis, connaissant les coefficients d'aimantation, de tracer une série de courbes isothermes (*fig.* 1), représentant le

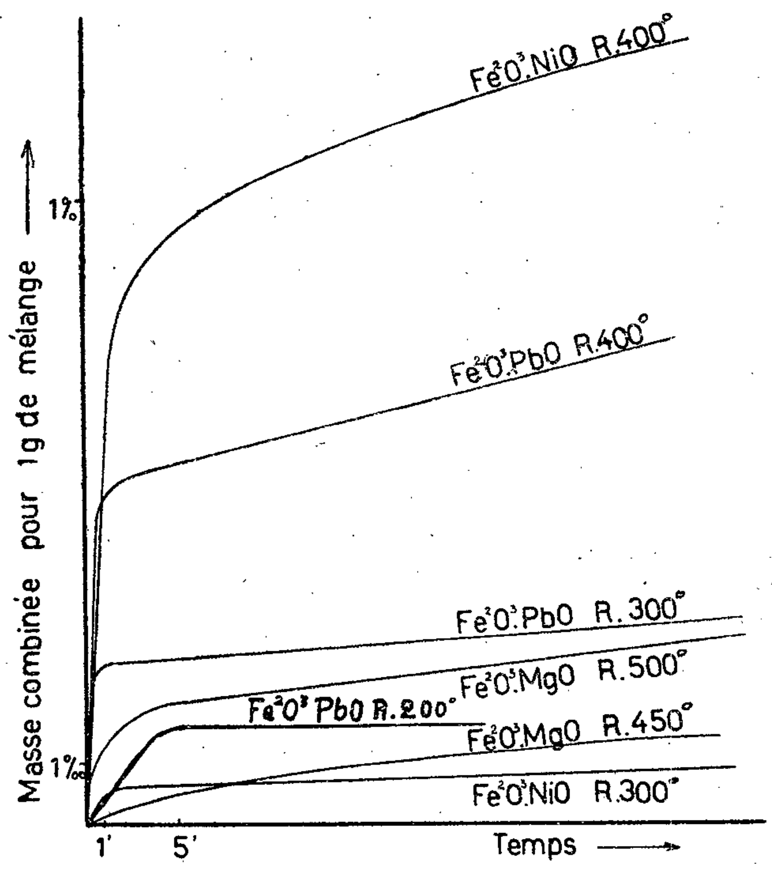



Fig. 1.

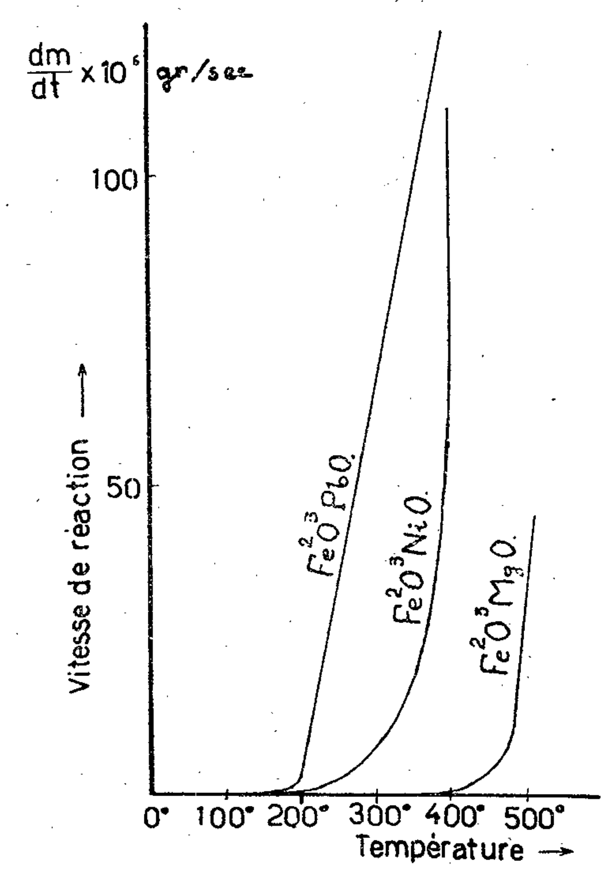



Fig. 2.

pourcentage de ferrite formé, en fonction de la durée de recuit. Ces courbes présentent un changement de direction accentué entre 1 minute et 5 minutes. Cet aspect caractéristique montre que la réaction, d'abord très rapide, se ralentit brusquement ensuite et tend à s'annuler; la première partie de la courbe correspond à la formation d'une couche de composé extrêmement mince; son développement est limité par la possibilité de diffusion à travers ce nouveau composé (2ᵉ partie de la courbe). Si la diffusion est nulle, la pellicule de ferrite se comporte comme une paroi imperméable, et empêche ainsi toute réaction ultérieure, quelle que soit la grandeur de la vitesse de réaction.

Il y a lieu de remarquer que la température à partir de laquelle on peut déceler un début de réaction est voisine de 200° pour les oxydes de nickel et de plomb; elle est supérieure à 400° pour l'oxyde de magnésium; cette différence nous paraît liée au point de fusion très élevé de la magnésie (2700°).

Nous constatons par ailleurs que la première partie des isothermes se confond pratiquement avec une droite : la vitesse de réaction correspondant à cette période, que nous appellerons *vitesse initiale*, est constante à une température donnée. Elle augmente lorsque la température s'élève : la courbe (*fig.* 2), donnant la variation de la vitesse initiale de réaction en fonction de la température, présente, au-dessus de 200°, une allure exponentielle dans les cas des ferrites de nickel et de magnésium, linéaire pour le ferrite de plomb.

Cette anomalie paraît être due à l'influence de la structure cristalline : la pellicule de ferrite formée entre les deux composants est probablement discontinue : sa structure serait encore très imparfaite et présenterait des lacunes; seules ces dernières permettraient à l'échange entre les oxydes de se poursuivre pendant des durées aussi courtes que celles que nous envisageons ici. Or, l'ion $Pb^{++}$ ayant un diamètre notablement plus grand (1,34 Å) que les ions $Ni^{++}$ et $Mg^{++}$ (0,78 Å), on conçoit que le cheminement du plomb soit plus difficile que celui du nickel et du magnésium, dès qu'un mince film s'est formé : la réaction s'arrêtera donc plus rapidement dans le cas du plomb. Par ailleurs, la structure cristalline du ferrite de plomb (hexagonal compact), dont la compacité est nettement plus élevée que celle du ferrite de nickel (spinelle), doit également former obstacle à la propagation de la réaction.

Ainsi cette étude met en évidence des possibilités de réactions dans l'état solide, en l'absence d'eau (¹), à des températures relativement basses et très éloignées des points de fusion; *la vitesse de ces réactions est considérablement plus grande* qu'on ne pourrait le supposer *a priori*; cette vitesse tend rapidement vers zéro dès que le composé formé est susceptible de jouer le rôle d'une barrière entre les atomes réagissants, l'amplitude des déplacements de ces atomes étant trop faible pour permettre une interpénétration de leurs champs d'action, à la température considérée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude comparée des spectres d'absorption, dans l'ultraviolet, de solutions de gelsémine, de strychnine, de sempervirine et de cinchonamine.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Alain Berton**, présentée par M. Paul Lebeau.

La structure des alcaloïdes extraits du *Gelsemium sempervirens* Ait. est très peu connue.

On sait que la gelsémine, $C^{20}H^{22}O^{2}N^{2}$, se rapproche, par ses propriétés chimiques et physiologiques, de la strychnine, $C^{21}H^{22}O^{2}N^{2}$.

Ces analogies nous ont amenés à comparer les spectres d'absorption dans l'ultraviolet de ces deux alcaloïdes.

D'un autre côté la sempervirine, $C^{19}H^{16}N^{2}$, découverte par Hasenfratz (¹), possède la propriété, très rare en chimie, de donner un nitrate insoluble dans l'eau. On ne connaît guère, en effet, que deux nitrates insolubles, celui de nitron (1.4-diphényl-3.5 endanilidodihydrotriazol) et celui de cinchonamine. Or les réactions chimiques indiquent pour ce dernier alcaloïde une structure indolique et non quinoléique (²).

(¹) H. Forestier et J. Longuet, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1729; **215**, 1942, p. 439; J. Longuet, *ibid.*, **213**, 1941, pp. 483 et 577.

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, pp. 1530-1532.

(²) M. Feirreira, *Thèse de Doctorat en Pharmacie*, Paris, 1940; Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 135.

Nous avons donc été conduits à rechercher si les spectres confirmaient cette particularité de constitution de la cinchonamine et si les caractéristiques d'absorption de cet alcaloïde étaient comparables à celles de la sempervirine.

Nous avons reporté sur les graphiques ci-dessous les variations du logarithme décimal du coefficient d'extinction moléculaire $\varepsilon$ en fonction de la longueur d'onde pour la gelsémine, la strychnine et la pyridine d'une part; la cinchonamine, l'indol et la quinoléine d'autre part.

Les valeurs de $\varepsilon$ correspondant à l'indol et à la pyridine ont été extraites du travail de Menczel [3], et celles de la quinoléine d'un mémoire de Fischer [4].

En examinant les graphiques, on peut se rendre compte de la similitude frap-

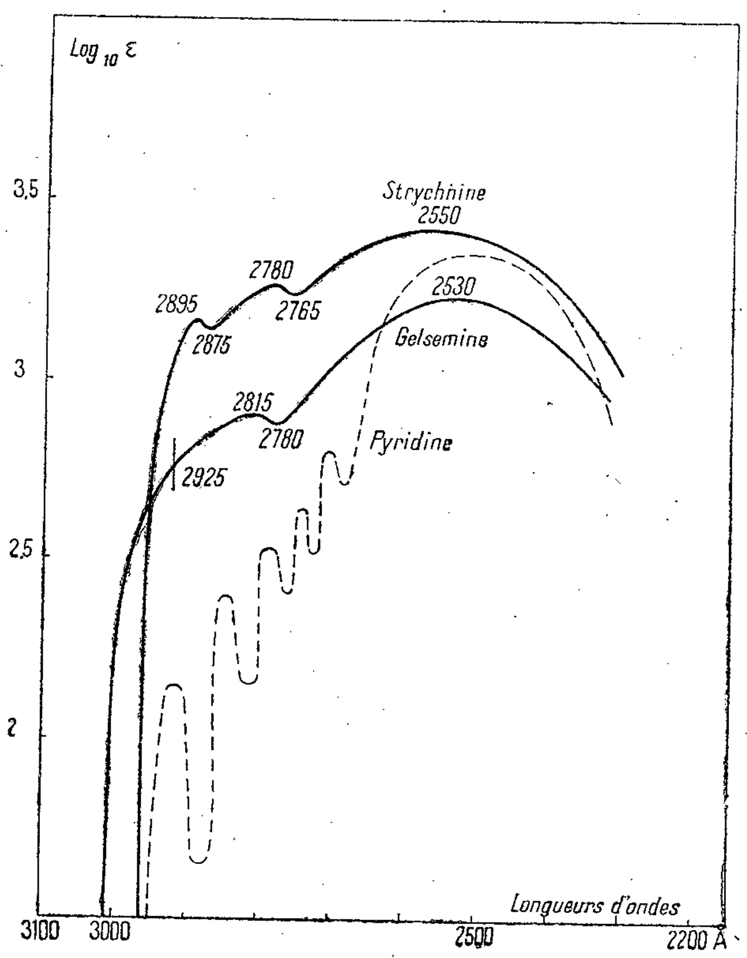



Fig. 1. — *Strychnine*, base, solution dans l'alcool éthylique 95° M/1000, épaisseur 0cm,2 et 1cm. *Gelsemine*, base, solution dans l'alcool éthylique 95° 2M/1000, épaisseur 0cm,2 et 1cm.

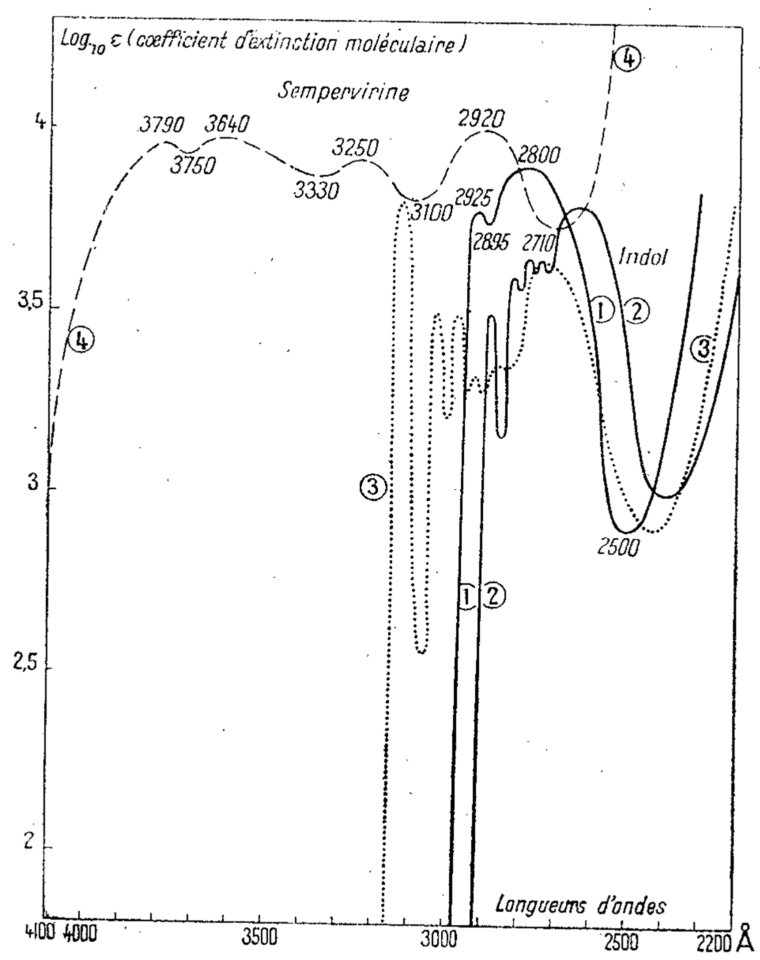



Fig. 2. — 1, *Cinchonamine*, base, M/1000, dans l'alcool éthylique 95°, épaisseur 0cm,2; 2, *Indol*, dans l'hexane; 3, *Quinoléine*, dans l'hexane; 4, *Sempervirine*, base, M/1000, dans l'alcool éthylique 95°, épaisseur 0cm,02.

plante qui existe entre les courbes correspondant à la gelsémine et à la strychnine. Néanmoins, la deuxième bande étroite d'absorption (maximum 2895 Å) de ce dernier alcaloïde ne se retrouve pas sur la courbe de la gelsémine, mais on y remarque, à la place, un coude vers 2925 Å, qui indique une discontinuité dans la variation de l'absorption en fonction de la longueur d'onde. Cette discontinuité peut correspondre à la bande étroite considérée, cette dernière ne se révélant pas aussi intense que pour la strychnine, car des empêchements de

(3) *Zeits. phys. Chem.*, **125**, 1927, p. 161.

(4) *Tables annuelles des Constantes*, 1930, p. 812.

nature atomique dans la molécule de la gelsémine doivent gêner les variations d'énergie des électrons responsables de l'absorption ultraviolette.

C'est ainsi que l'on peut expliquer les différences que l'on remarque entre l'intensité des bandes étroites de l'indol et celle des bandes de la cinchonamine, quoique l'allure générale des deux courbes considérées soit très comparable.

Dans ce cas, notons que la courbe de l'alcaloïde se trouve déplacée vers les grandes longueurs d'onde, par rapport à celle de l'indol. La courbe de la quinoléine s'écarte nettement des deux courbes précédentes; elle est, par contre, comme on le sait, très proche de celles correspondant, par exemple, à la quinine ou à la cinchonine.

La courbe de la sempervirine ne peut être rapprochée d'aucune des courbes étudiées.

En résumé, les analogies spectrales que nous avons observées nous ont permis de confirmer la structure indolique de la cinchonamine et de prévoir pour la gelsémine une constitution voisine de celle de la strychnine.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le système tellure-tungstène. Tellurure de tungstène* $Te^2W$. Note de M. **André Morette**, présentée par M. Paul Lebeau.

Une étude identique à celle consacrée antérieurement au système tellure-molybdène [1] a été étendue au système tellure-tungstène. Nous avons fait réagir, à diverses températures dans des tubes de silice scellés sous vide, du tellure et du tungstène que nous avions préalablement préparés à l'état de pureté; après réaction, le tellure non combiné ou provenant d'une dissociation éventuelle était éliminé par distillation à l'intérieur même des tubes.

L'analyse des substances obtenues a été effectuée par fusion alcaline à l'hydroxyde de sodium. Après mise en solution aqueuse, le tellure était précipité, en présence d'acide tartrique, par un courant de gaz sulfureux, séparé et pesé. Le tungstène contenu dans la liqueur était, après destruction de l'acide tartrique, précipité sous forme de tungstate mercureux et pesé à l'état d'anhydride tungstique.

La combinaison des deux éléments n'a pu être observée dans les tubes par l'apparition d'un phénomène d'incandescence comme cela s'était produit dans le cas du tellure et du molybdène; mais la distillation de l'excès de tellure nous a laissé, dans certaines limites de température, un corps de composition constante ainsi que l'établissent les résultats ci-après :

---

[1] A. Morette, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 86.

*Mélange initial*, Te 3 p. ; W 1 p.

| Température de préparation. | | Température de distillation. | Analyse de la substance (%). Tellure. | Tungstène. |
|---|---|---|---|---|
| 50 heures à | 645° | 585° | 57,7 | 41,6 |
| 70 » | 710 | 660 | 57,3 | 41,5 |
| 11 jours | 690 | 700 | 57,6 | 41,6 |
| 24 heures | 710 | 710 | 58,0 | 42,0 |
| 50 » | 645 | 735 | 56,9 | 41,5 |
| 60 » | 680 | 845 | 0 | 99,65 |
| Théorie pour $Te^2W$ | | | 58,05 | 41,95 |

Le tellure et le tungstène fournissent donc par union directe un tellurure de formule $Te^2W$. Au-dessus de 735°, ce composé se dissocie et donne, comme résidu final, du tungstène métallique se présentant sous la forme d'une poudre très finement divisée.

Les spectres de rayons X de tous les produits dont l'analyse est rapportée ci-dessus sont identiques, et par conséquent caractéristiques du ditellurure, le spectre du tungstène métallique étant d'autre part conforme aux données classiques concernant cet élément. Le spectre d'un produit obtenu à 795°, dans une expérience arrêtée avant dissociation totale et renfermant 60,5 % de tungstène et 38,8 % de tellure, ne comprend exclusivement que des raies des spectres du tungstène et du tellurure $Te^2W$.

Il ne s'est donc pas formé, au cours de nos essais, de tellurure moins riche en tellure que le ditellurure.

La solubilité du tungstène dans le tellure est faible; des mélanges à 8,61, 1,36, 0,47 % de métal dans le tellure, fondus dans le vide, montrent par micrographie la présence dans le tellure en excès de cristaux allongés hexagonaux de ditellurure.

Le ditellurure de tungstène $Te^2W$ est une poudre gris foncé, onctueuse au toucher et très adhésive, à la façon du graphite; sous le microscope, il apparaît constitué par des paillettes cristallines allongées à contours hexagonaux.

Densité : $D_4^{15}$ $9,44 \pm 0,02$.

Il est diamagnétique; sa susceptibilité massique, mesurée par comparaison avec celle de l'eau ($\chi = -0,72.10^{-6}$) à la balance de Curie et Chéneveau, est à la température ordinaire $\chi = -0,172.10^{-6} \pm 0,008.10^{-6}$.

Chauffé dans l'oxygène, le tellurure de tungstène s'oxyde avec incandescence vers 650-700° en émettant des fumées blanches d'anhydride tellureux et en laissant un résidu vitreux jaune verdâtre de produits d'oxydation.

Il n'est pas altéré à froid ou à l'ébullition ni par l'eau, ni par l'ammoniaque, ni par l'acide chlorhydrique concentré. L'acide sulfurique à 66°B. l'attaque à l'ébullition en se colorant d'abord en rouge cerise et en se décolorant ensuite par formation de sulfoxyde, puis de sulfate de tellure, comme cela se produirait avec le tellure lui-même; pour obtenir une solubilisation complète, il est

nécessaire de procéder alternativement à des lavages à l'ammoniaque et à des attaques répétées. Avec l'acide azotique de densité 1,38, après une ébullition prolongée, on observe une décomposition partielle; celle-ci devient complète si l'on fait alterner plusieurs lavages à l'ammoniaque avec des attaques renouvelées.

En résumé, dans les conditions de nos expériences, la combinaison directe du tellure avec le tungstène fournit un seul tellurure de tungstène de formule $Te^2W$ dissociable au-dessus de 735° en ses constituants.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des anhydrides vanadique et niobique sur les carbonates et sulfates alcalins.* Note de MM. **Émile Carrière** et **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons fait agir les anhydrides vanadique et niobique sur les carbonates et sulfates alcalins fondus et en excès, dans le but de préparer des vanadates et niobates alcalins.

Au cours d'essais préalables, nous nous sommes assurés que les sels alcalins mis en œuvre, sulfates et carbonates, ne subissaient aucune perte de masse, soit par volatilisation, soit par dissociation, dans les conditions de chauffage au gaz que nous réalisions. Dès lors la perte de masse du mélange d'un de ces sels alcalins avec un des anhydrides étudiés, en cours de la chauffe, représente la masse d'anhydride carbonique ou d'anhydride sulfurique déplacée par l'anhydride vanadique ou l'anhydride niobique. De la masse d'anhydride volatil déplacée, nous déduisons la masse d'oxyde métallique entrée en combinaison avec la masse d'anhydride non volatil mis en œuvre, par conséquent la constitution du sel obtenu. Nous caractérisons ce sel par le nombre $p$ de molécules d'oxyde métallique unies à une molécule d'anhydride, $V^2O^5, p.Na^2O$ par exemple. Il est facile de suivre la marche de la réaction; aussi longtemps qu'elle se prolonge, on observe un dégagement de bulles gazeuses dans la masse du sel fondu.

Après détermination des valeurs du nombre $p$, nous avons préparé des échantillons des sels correspondants en faisant réagir le sel alcalin et l'anhydride dans les proportions stœchiométriques.

*Vanadates* — La composition du vanadate obtenu dépend simultanément du métal alcalin considéré et du sel alcalin mis en œuvre pour préparer ce vanadate.

1° A partir des carbonates de sodium et de lithium nous avons vérifié que l'on obtenait l'orthovanadate $V^2O^5, 3M^2O$. Ces sels ont déjà été signalés. L'orthovanadate de lithium est gris clair; celui de sodium est blanc. Ils sont tous deux facilement fusibles et solubles dans l'eau.

2° A partir des carbonates de potassium, de rubidium et de cæsium, nous obtenons le pyrovanadate $V^2O^5, 2M^2O$. A propos de la première de ces

réactions, il avait été signalé qu'elle aboutissait à l'orthovanadate; les deux dernières n'avaient pas été étudiées. Ces trois pyrovanadates sont blancs, facilement fusibles et très solubles dans l'eau. Ils sont de plus en plus hygroscopiques et déliquescents lorsque l'on passe du sel de potassium à celui de cæsium.

3° *A partir des sulfates.* — Avec le sulfate de lithium nous obtenons le sel $5V^2O^5, 4Li^2O$. C'est un solide jaune foncé, facilement fusible et soluble dans l'eau.

Dans le cas des sulfates de sodium et de potassium, il se forme par action de l'anhydride vanadique des hexavanadates de formule $3V^2O^5, 2M^2O$. Ils sont de couleur gris noir, solubles dans l'eau. Ils fondent facilement et leur solidification donne lieu à un phénomène de rochage extrêmement violent, pouvant s'accompagner de projections de matière. Les échantillons que nous conservons présentent des cratères profonds qui témoignent de ce phénomène. Le rochage de l'anhydride vanadique avait été signalé, mais non celui des vanadates.

A partir des sulfates de rubidium et de cæsium, nous aboutissons aux bivanadates de formule $2V^2O^5, M^2O$. Ces sels se présentent en paillettes cristallines d'une teinte rouge foncé, facilement fusibles, solubles dans l'eau mais non déliquescentes.

*Niobates de sodium.* — Nous n'avons fait agir l'anhydride niobique que sur les carbonates alcalins fondus et en excès.

En prenant les carbonates de lithium, sodium et potassium, nous obtenons des sels pentamétalliques $Nb^2O^5, 5M^2O$. La quantité d'oxyde métallique fixée est le maximum que laisse prévoir la formule développée. Ces sels sont blancs, facilement fusibles, solubles dans l'eau. Le sel de potassium est hygroscopique et déliquescent.

Avec des carbonates de rubidium et de cæsium, nous préparons des niobates tétramétalliques $Nb^2O^5, 4M^2O$. Ils sont blancs, fusibles, fortement hygroscopiques et déliquescents.

Par action de l'acide sulfurique sur ces niobates dissous, l'anhydride niobique est chassé de ses sels et précipite. Cet anhydride niobique est d'ailleurs légèrement soluble dans l'acide sulfurique ($1^{mg}$ pour $1^{cm^3}$ d'acide sulfurique à 50 %).

*Conclusions.* — La valeur du nombre *p*, caractéristique d'un sel, diminue lorsque la masse atomique du métal augmente, ou lorsque la masse atomique du métalloïde diminue, toutes choses étant égales d'ailleurs. Il semble qu'il se produise un phénomène d'empêchement stérique à la fixation d'atomes métalliques volumineux en nombre considérable autour d'un atome métalloïdique donné, et qu'inversement les atomes métalloïdiques peuvent fixer, dans leurs sels, des atomes métalliques en nombre d'autant plus grand que ces atomes métalloïdiques sont plus volumineux.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'équilibre électrique de l'atmosphère.* Note de M. **Louis Cagniard**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans une atmosphère calme, sans gros ions, la diffusion étant négligée, les équations du régime stationnaire s'écrivent

$$\frac{dE}{dz} = 4\pi e(n - n'), \tag{1}$$

$$\frac{d}{dz}(nKE) + \alpha nn' - q = 0, \tag{2}$$

$$\frac{d}{dz}(n'K'E) = \alpha nn' + q = 0, \tag{3}$$

O$z$, verticale ascendante; E, intensité du champ électrique; K, K', mobilités respectives des ions positifs et négatifs; $n$, $n'$, nombre d'ions par $cm^3$; $\alpha$, coefficient de recombinaison; $q$, nombre de paires d'ions créées par sec. et par $cm^3$.

En posant que K, K', $\alpha$, $q$ sont des constantes, J. J. Thomson, puis Swann ont étudié ce système d'équations. Il est intéressant de reprendre la discussion dans les conditions générales de l'atmosphère réelle, pour en déduire la variation de E, $n$, $n'$ en fonction de $z$. On peut en effet espérer que cette loi théorique représentera approximativement l'évolution moyenne, normale de E, $n$, $n'$ aux époques de calme et à de grandes altitudes (où l'influence des gros ions est vraisemblablement très réduite). De plus je vais montrer comment la discussion purement mathématique de ces équations met en lumière la véritable nature du problème physique de l'électricité atmosphérique.

Des équations (2) et (3) nous tirons d'abord

$$(nK + n'K')E = A = \text{const.} \tag{4}$$

puis, de (1) et (4),

$$\left\{\begin{aligned} n &= \frac{1}{K+K'}\left(\frac{A}{E} + \frac{K'}{4\pi e}\frac{dE}{dz}\right), \\ n' &= \frac{1}{K+K'}\left(\frac{A}{E} - \frac{K}{4\pi e}\frac{dE}{dz}\right). \end{aligned}\right. \tag{5}$$

Substituant les valeurs (5) de $n$ et $n'$ dans (2) ou (3) et posant $E^2 = v$ nous obtenons enfin l'équation différentielle du second ordre de J. J. Thomson et de Swann

$$\frac{d}{dz}\left[\frac{K}{K+K'}\left(A + \frac{K'}{8\pi e}\frac{dv}{dz}\right)\right] + \frac{\alpha}{v(K+K')^2}\left(A + \frac{K'}{8\pi e}\frac{dv}{dz}\right)\left(A - k\frac{dv}{dz}\right) - q = 0. \tag{6}$$

Il est intéressant de substituer à la variable $z$ la variable $u = (p/p_s)$ en désignant par $p$ la pression atmosphérique, par $p_s$ la valeur de $p$ au sol. D'autre part, toutes les unités étant électrostatiques C. G. S., nous changerons aussi de fonction en posant $E^2 = v = (300)^{-2}V$ de façon que $V = 1$ corresponde à un champ de 100 volts par mètre. L'équation (6) devient alors

$$V\left(1 - a_1\frac{dV}{du} - a_2\frac{d^2V}{du^2}\right) = F\left(1 + b_1\frac{dV}{du}\right)\left(1 - b_2\frac{dV}{du}\right) \tag{7}$$

avec

$$F=(300)^2\frac{\alpha A^2}{(K+K')^2}\frac{1}{q-A\frac{d}{dz}\left(\frac{K}{K+K'}\right)}; \tag{8}$$

$a_1$, $a_2$, $b_1$, $b_2$ sont des fonctions de $u$ que je n'explicite pas.

L'intérêt de cette transformation réside dans le fait que la fonction V variera, *grosso modo*, de 0 à 1 quand la variable $u$ variera elle-même de 0 à 1.

La connaissance expérimentale de la variation de K et K' en fonction de $p$ et de la température T est trop médiocre pour permettre de calculer avec précision les fonctions $a_1$, $a_2$, $b_1$, $b_2$ mais elle est suffisante pour *permettre d'affirmer leur extrême petitesse*. $b_1$ et $b_2$ sont de l'ordre de $2.10^{-4}$, $a_2$ de l'ordre de $10^{-7}$ à $10^{-8}$, $a_1$ est plus petit encore.

Lorsque l'on intègre une équation du type (7) avec les conditions initiales habituelles (valeurs de V et $dV/du$ pour $u=u_0$) l'on constate que, en dehors de circonstances tout à fait exceptionnelles, la fonction V devient très rapidement infinie, pour une valeur de $u$ différant de $u_0$ d'une fraction extrêmement petite de l'unité.

Or les conditions initiales du problème actuel sont très différentes. Les trois constantes arbitraires sont déterminées par les trois conditions physiques suivantes :

1° Aux époques normales, chaque centimètre carré de la surface terrestre reçoit par seconde, de l'intérieur du sol, une quantité donnée d'électricité négative. Cette quantité est bien connue, indirectement, par la moyenne des valeurs normales du courant de conduction atmosphérique. Elle détermine A, première constante d'intégration et fixe en même temps le signe de E.

2° A travers la surface du sol doit s'échapper, vers l'atmosphère, un flux d'électricité négative qui, pour un sol donné, est déterminé par l'intensité du champ au sol. D'où une relation qui pourrait être fournie par l'expérience, entre les valeurs de V et $dV/du$ au sol. L'hypothèse plus particulière $n'=0$ implique la donnée de $dV/du$ au sol.

3° Le flux d'électricité positive venant des espaces interplanétaires est, sinon connu, du moins imposé aux confins de l'atmosphère. Il fixe la valeur de $dV/du$ pour $u=0$.

Cela étant, on peut montrer que l'équation (7) admet une infinité d'intégrales extrêmement voisines de $V=F$ tout le long d'un intervalle quelconque $(u_1, u_2)$ de $u$, mais dont la courbe représentative s'écarte brusquement de la courbe $V=F$, à la fois pour $u=u_1$ et $u=u_2$. Si nous représentons l'unité de V, $u$ par une longueur de quelques centimètres, on peut admettre, à cette échelle du dessin, que tout arc de la courbe $V=F$, prolongé à ses deux extrémités par deux segments rectilignes quelconques parallèles à l'axe des V, représente une intégrale de (7).

C'est précisément une intégrale de ce type qui donne la solution du problème physique. Les segments terminaux correspondent à *l'effet d'électrode*;

limité pratiquement à quelques mètres au-dessus du sol pour $u = 1$, appréciable seulement, pour $u = 0$, si l'altitude dépasse plusieurs dizaines de kilomètres.

Sans insister ici sur cet effet, je me borne à remarquer que l'équation $V = F$ détermine l'intensité du champ hors des électrodes en fonction de données accessibles à l'expérience de laboratoire ($\alpha$, K, K′ en fonction de T et de $p$) et de $q$. Inversement l'observation de $E = E(z)$ constituerait sans doute la méthode la plus sûre pour évaluer $q = q(z)$.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la partie orientale des Pyrénées basques.* Note (1) de M. **Marcel Casteras**, présentée par M. Charles Jacob.

Entre les vallées du Gave de Lourdios et de la Nive de Béhérobie s'allongent, sur une cinquantaine de kilomètres, au Nord du revêtement crétacé de la Zone axiale, les deux vastes massifs d'Igounce et de Mendibelza. Ils sont constitués par des terrains primaires, surtout carbonifères, surmontés d'une épaisse série discordantes de poudingues permo-triasiques et de quelques lambeaux de calcaires cénomaniens transgressifs. Dans un travail récent (2) M. Léon Bertrand, s'appuyant surtout sur l'argumentation fournie par les recherches de P. Viennot (3), retient l'hypothèse, déjà formulée par lui dès 1911, de l'existence d'une grande nappe dont les Massifs de Mendibelza, d'Igounce et celui plus oriental du Bois de la Traillère seraient des témoins séparés par l'érosion. Cette conception est concrétisée par une coupe où le Primaire du Massif d'Igounce est représenté comme entièrement flottant sur un substratum triasique. De nombreuses constatations sont incompatibles avec cette interprétation. Voici les plus significatives, en se bornant à l'étude de la région de Larrau et de Sainte-Engrâce.

1° Sur la bordure secondaire au Nord des Massifs d'Igounce et de Mendibelza, la distinction, faite par P. Viennot, de deux séries indépendantes n'est pas justifiée. L'étroite bande de Trias et de Lias du Pic Laramendy que double, dès la crête de Bostmendy, sur le front du Massif d'Igounce, une barre de calcaires urgo-aptiens, passe en continuité, dans le versant nord de la montagne Bagobacotcha, à la bande des mêmes terrains qui borde le massif de Mendibelza au Nord du Col d'Arhansus et du Pic de Béhorléguy. Cette série secondaire unique se complète à son sommet par les schistes crétacés de Lacarry et d'Ahusquy. Elle représente donc tout simplement le flanc sud du synclinal des Arbailles. Aucun accident ne sépare non plus ces terrains secondaires du Primaire d'Igounce et de Mendibelza. Le Secondaire débute partout par du Trias et il forme une bordure régulière, très redressée; tout au plus est-il affecté près du Pic de Béhorléguy d'un léger renversement au Nord et disposé en flanc inverse.

(1) Séance du 5 avril 1943.

(2) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 204, 1940, p. 205-283.

(3) *Ibid.*, n° 163, 1927, 267 p., 11 pl.

2° A cela s'ajoutent des constatations décisives sur la terminaison occidentale du Massif d'Igounce. La situation du Trias, au Sud de Bagobacotcha, dans le fond de la vallée qui descend vers Larrau, a pu faire illusion, et l'affleurement a été décrit comme une fenêtre. Or, j'ai étudié minutieusement les relations du Trias avec le Primaire d'Igounce et je conclus à la position profonde du massif hercynien. La superposition du Trias aux schistes houillers, que l'on peut déjà inférer de l'allure des contours, s'observe effectivement en plusieurs points, notamment à Mendihart. Dans le même sens parle la disposition du petit affleurement houiller d'Elgoyen. Décrit par P. Viennot comme une klippe, il n'est, en réalité, pas isolé du Massif d'Igounce. Sa terminaison en face de Chaho, où il s'enracine dans le Trias sous la crête de Béloscar, comme ses relations vers l'Est avec le Permien de Doronde, ne laissent pas de doute sur sa position profonde.

Bref, *le Massif d'Igounce plonge vers l'Ouest sous le Trias. Il s'enracine au Sud du Synclinal des Arbailles, comme le Massif de Mendibelza. La haute vallée de Larrau montre, dans la zone d'ennoyage séparant les deux massifs, leur couverture triasique commune reployée en synclinal.*

J'indique toutefois que le Primaire de Mendibelza chevauche par place le bord occidental du synclinal triasique. Ce chevauchement est indéniable à la traversée du ravin de Cortonde, comme dans le vallon d'Alférits; mais il s'atténue vite plus au Sud. Cet accident de bordure traduit un rejaillissement du massif de Mendibelza par contre-poussée sur le Trias enveloppant l'extrémité plongeante du massif d'Igounce.

La disposition anticlinale des massifs d'Igounce et de Mendibelza, séparés par le synclinal triasique de Larrau, doit être attribuée à des mouvements antérieurs au Cénomanien. Les plissements d'âge pyrénéen se sont surtout manifestés par un rejaillissement des terrains anciens vers le Sud sur le revêtement crétacé de la Zone axiale. J'ajouterai de brèves observations sur ces chevauchements au Sud.

Comme l'a montré A. Bresson dès 1906, le déversement du massif d'Igounce sur le synclinal triasique s'observe suivant le méridien de Larrau. Au delà vers l'Est, le chevauchement prend une très grande ampleur. Au Sud du Col des Trois-Croix, le Carbonifère déborde le Trias laminé sous lui et vient reposer directement sur le Flysch crétacé. De même un vaste lambeau isolé de quartzites dinantiens surmonte directement le Crétacé au Sud-Est du ravin Saint-Laurent. Le contact très sinueux du Primaire et du Trias au Nord de la route de Sainte-Engrâce indique toujours un plan de chevauchement voisin de l'horizontale. Deux petites klippes de Carbonifère reposent d'ailleurs sur le Trias, en face du barrage et à l'Est de Gacherio.

Le synclinal triasique de Larrau et, avec lui, le massif de Mendibelza rejaillissent au Sud sur le Crétacé supérieur. C'est ainsi que, dans le bois de Sarrantolatcé, le Primaire de Mendibelza se termine complètement en hauteur sur le Flysch d'Ustarbe. Au delà de cette terminaison, à l'Est du ravin d'Holçarté et jusqu'au col de Labays, le Trias chevauche directement le Crétacé. Toutefois, depuis l'église de Sainte-Engrâce jusqu'au grand ravin qui descend du Bois d'Issarbe, s'interpose, entre le Trias et le Crétacé, une lame de schistes siluriens accompagnés d'autres roches paléozoïques broyées. J'incline fort à trouver dans cette écaille anticlinale la racine, presque complètement cisaillée par le plan de chevauchement sur le Crétacé, du splendide lambeau de recouvement du Pic de Lacoura, vaste paquet de schistes siluriens et de poudingues permiens qui coiffe le Crétacé supérieur

sur la crête frontière. Le lambeau du Pic de Lacoura s'enracinerait donc, non dans le massif d'Igounce lui-même, mais sur le bord sud du synclinal triasique, dans une situation comparable à celle qu'occupe le massif de Mendibelza au Sud du Trias de Larrau.

Pour conclure, les Massifs d'Igounce et de Mendibelza s'enracinent au Sud du Synclinal des Arbailles. Le grand accident d'âge pyrénéen que révèle leur bord méridional traduit seulement un rejaillissement au Sud, tendant à l'encapuchonnement de la terminaison occidentale de la Zone axiale.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Phénomènes de dédifférenciation dans le bourgeonnement des tissus du tubercule de Chicorée à café cultivés* in vitro. Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Au cours de ses recherches sur la culture des tissus végétaux, R.-J. Gautheret a mis au point une technique de culture des tissus du tubercule d'Endive (1). Nous avons simplement repris cette technique et cultivé des prismes découpés dans les tubercules de Chicorée à café, sur Knop dilué de moitié et solidifié par 1,5% de gélose, sans hétéroauxine, afin d'obtenir des bourgeons. Ces derniers apparaissent sur la face morphologiquement supérieure au bout de 10 à 15 jours à 18°. En plus de la série de témoins, cinq séries de fixations ont été faites, échelonnées entre le 6e et le 21e jour de culture; pour chaque série nous avons employé les mélanges de Navaschine, de Helly, de Regaud et de Meves. Les études nucléaires ont été faites par la technique de Feulgen; le cytoplasme et le chondriome ont été observés après coloration à l'hématoxyline ferrique et à la fuchsine d'Altmann. Des observations vitales ont complété cette étude.

Les cellules du tubercule normal ont un aspect variable avec le tissu considéré. Les cellules âgées des parenchymes vasculaire et libérien, polyédriques, contiennent une pellicule cytoplasmique pariétale limitant une grande vacuole centrale. Le noyau est lenticulaire et appliqué à l'une des parois, il est réticulé et contient souvent plusieurs nucléoles. Le chondriome est formé de quelques mitochondries et de chondriocontes dont beaucoup sont longs et flexueux. On trouve en outre des éléments de plus grandes dimensions, peu colorables, qui représentent des plastes peu différenciés ou en voie de dégénérescence; ils renferment une ou plusieurs vésicules non colorables, entourées de substance plus ou moins sidérophile, mais ne contiennent ni pigment, ni amidon; ils sont visibles sur le vivant.

Autour des vaisseaux se trouvent des cellules allongées, à chondriome presque entièrement granuleux, mais présentant toujours des éléments plastiformes. Enfin, les cellules cambiales et celles qui entourent les pseudolaticifères sont très allongées et ont également un chondriome granuleux et des plastes plus petits.

---

(1) R.-J. Gautheret, *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 317-318.

Nous avons reconnu que toutes ces cellules sont susceptibles de se dédifférencier pour former des méristèmes caulinaires; les tissus néoformés du cal qui se développe sur la face supérieure des fragments en fournissent aussi.

En ce qui concerne les noyaux, on constate un enrichissement sensible en chromatine. D'autre part, leurs dimensions augmentent, bien qu'ils subissent des divisions répétées et que les grandes cellules parenchymateuses se segmentent en cellules beaucoup plus petites; il en résulte donc un accroissement considérable du rapport nucléo-plasmique.

Le chondriome semble être particulièrement réactif. Dès les premiers symptômes de reprise d'activité d'une cellule à grands chondriocontes, ceux-ci se raccourcissent et s'épaississent, puis se divisent activement par étranglements en courts bâtonnets et en mitochondries granuleuses, relativement grosses. Ceci se produit bien avant la fin de la dédifférenciation. Nous obtenons alors un chondriome identique à celui des cellules entourant les vaisseaux et les pseudo-laticifères ou à celui des cellules cambiales; la suite de l'évolution est la même pour toutes ces cellules : les mitochondries se divisent encore et deviennent plus petites: certaines peuvent se transformer à nouveau en courts chondriocontes, beaucoup plus fins que ceux des cellules adultes.

Les éléments plastiformes, vésiculisés, ont un comportement curieux. Certains paraissent de moins en moins colorables et s'effacent dans le cytoplasme où l'on n'en trouve bientôt plus de traces. Dès le début de l'activation de la cellule, la plupart montrent une condensation de la substance sidérophile autour des vésicules non colorables. Ils accentuent leur aspect d'amyloplastes, mais leur contenu ne donne toujours pas les réactions de l'amidon. Cette condensation s'intensifie et les vésicules peuvent avoir deux destinées : ou bien elles sont résorbées par les plastes en voie de régénération, ou bien ces plastes rassemblent leur matière vivante sur des régions restreintes de ces vésicules et s'en détachent, les abandonnant dans le cytoplasme où elles se déforment et finalement disparaissent. Quant aux parties chromophiles, leur taille et leur forme les distinguent un moment du chondriome, mais elles prennent rapidement l'allure de grands chondriocontes qui se confondent bientôt avec les chondriosomes ordinaires, et se segmentent comme eux.

Le cytoplasme devient plus abondant au fur et à mesure que les cellules se cloisonnent en cellules plus petites. La pellicule pariétale s'épaissit, les trabécules cytoplasmiques se font de plus en plus nombreux à travers la vacuole, ils s'alourdissent, confluent et finalement segmentent la vacuole unique en plusieurs vacuoles plus petites qui ont d'abord tendance à devenir sphériques, puis s'allongent, se diverticulisent et prennent les aspects filamenteux caractéristiques des cellules méristématiques. Au cours de cette transformation le noyau, qui devient ellipsoïde ou sphérique, quitte la paroi et se place au centre de la cellule.

Ainsi nous avons assisté à la reprise d'activité mitotique par des cellules de

parenchymes de réserves, vouées normalement à dégénérer quelques mois plus tard, lors de la croissance de la tige florifère de la plante. Ces cellules, tout en se divisant, reprennent les caractères structuraux des cellules méristématiques, et donnent naissance à des méristèmes fonctionnels de tiges, ayant toutes les propriétés morphogénétiques de ces méristèmes : ces cellules se sont bien *dédifférenciées*. La dédifférenciation a débuté par le chondriome et les plastes, ramenant d'abord les cellules au type structural des cellules cambiales, à grande vacuole unique et à chondriome homogène, puis le morcellement des vacuoles et l'accroissement du cytoplasme les a fait passer au type méristématique primaire.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Suspension de l'inhibition entre bourgeons pendant l'application d'hétéro-auxine à l'extrémité apicale*. Note de M. **René Castan**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le bourgeon apical d'une plantule inhibe la croissance des bourgeons axillaires, et cette inhibition est généralement rapportée à la production d'auxine par le bourgeon apical en activité. Les expériences de Thimann et Skoog (1934), notamment, ont montré que l'action inhibante du bourgeon apical pouvait être remplacée, après son ablation, par une application convenable d'hétéro-auxine à la place de ce bourgeon.

Nous allons montrer que, dans des conditions expérimentales différentes, cette même application d'hétéro-auxine peut, au contraire, lever l'inhibition exercée par l'extrémité apicale de la tige.

Des plantules de Pois (variété *Serpette nain*) élevées à l'obscurité, à 22° C., et âgées de 10 jours, sont traitées de la manière suivante :

A. Des plantules intactes sont recourbées doucement à l'extrémité apicale de manière à faire plonger leur bourgeon terminal, sur 1$^{cm}$ de long, dans une solution d'acide β-indol-acétique. Les conséquences observées varient avec la concentration :

1° les témoins, dans l'eau pure, continuent leur croissance apicale et gardent indéfiniment l'inhibition de leurs bourgeons axillaires;

2° les plantules plongées dans une solution très diluée (1 mg/l) montrent, après un long délai (2 à 3 jours), un léger gonflement de la partie apicale avec ralentissement de son allongement et sans levée de l'inhibition;

3° les plantules plongées dans une solution à 50 mg/l montrent, dès le lendemain, un fort gonflement de l'extrémité apicale suivi d'arrêt d'allongement, accompagné d'hypertrophie cellulaire et parfois de prolifération cellulaire; 7 à 8 jours plus tard, les bourgeons axillaires voient lever leur inhibition de croissance et commencent à pousser. Si, 12 jours plus tard, on retire les extrémités apicales de l'hétéro-auxine, le bourgeon terminal reprend peu à peu sa croissance normale, tandis que les bourgeons axillaires déjà

développés sont tantôt inhibés à nouveau, tantôt aptes à continuer leur allongement, selon qu'ils n'avaient que peu ou beaucoup commencé à pousser;

4° l'emploi de solutions plus concentrées à 100 ou mieux à 200 mg/l accentue les phénomènes d'hypertrophie et maintient l'inhibition de croissance des bourgeons axillaires.

B. Des plantules amputées du bourgeon terminal sont aussitôt plongées, sur 1$^{cm}$ de l'extrémité apicale recourbée, dans les mêmes solutions :

1° les témoins, dans l'eau pure, montrent une rapide levée de l'inhibition des bourgeons axillaires, spécialement du plus distal de ces bourgeons. Leur croissance est nettement en avance par rapport à ceux du lot A (3°);

2° la solution à 1 mg/l n'entraîne aucun changement appréciable au cas précédent, si ce n'est un très léger retard dans la poussée des bourgeons axillaires;

3° la solution à 50 mg/l entraîne un gonflement du moignon apical, dû principalement à des proliférations cellulaires, et suivi très fréquemment de poussée de racines adventives. Les bourgeons axillaires poussent aussi, moins tôt dans le cas B (1°), mais plus vite que dans le cas A (3°);

4° la solution à 200 mg/l entraîne l'exagération des proliférations apicales et l'inhibition des bourgeons axillaires.

*Conclusion.* — Ces faits sont à verser comme acquisitions nouvelles dans le débat de la question si controversée du mécanisme de l'inhibition entre bourgeons. Ils montrent déjà que, sous le mode expérimental ici exposé, l'hétéro-auxine apportée de l'extérieur peut modifier profondément le mode de croissance du bourgeon apical au point de lever l'inhibition qu'il exerce sur les bourgeons axillaires. A dose convenable, le phénomène est réversible, au même titre que la levée d'inhibition par arrêt mécanique de la croissance du bourgeon apical enfermé temporairement dans du plâtre. L'hétéro-auxine apportée de l'extérieur à l'extrémité apicale, amputée ou non de son bourgeon, est néanmoins capable, soit lorsqu'elle diffuse dans la tige parce que, appliquée à des doses faibles se rapprochant des doses physiologiques, soit lorsqu'elle est appliquée en considérable excès, de provoquer une inhibition partielle ou totale des bourgeons axillaires se rapprochant de celle qui a été montrée antérieurement par Laibach et par Thimann et Skoog. Elle se révèle ainsi comme capable d'exercer, sur les bourgeons axillaires, un rôle inhibiteur ou un rôle de levée d'inhibition, tantôt par action directe, tantôt par action indirecte sur le fonctionnement du bourgeon apical ou des proliférations apicales qu'elle provoque.

CRYPTOGAMIE. — *Une dermatomycose fréquente des Veaux causée par une espèce du genre* Trichophyton. Note de MM. **Auguste** et **René Sartory** et **Frédéric Kocher.**

Les teignes humaines ont fait l'objet de très nombreuses recherches et, depuis les travaux de Sabouraud, il semble qu'il reste bien peu de chose à ajouter à leur étude morphologique.

Il n'en est pas de même pour les teignes animales en raison de leur diversité. L'espèce que nous décrivons ici a été isolée à Mauriac (Cantal) où elle parasite les jeunes veaux; les lésions cutanées sont connues dans le pays sous le nom de *anders* ou *inderes*; notons que déjà en 1853 Robin avait signalé l'herpès circiné chez les Bovidés. La tête de l'animal est le plus souvent atteinte (joues et paupières particulièrement, faces latérales de l'encolure moins fréquemment).

Les lésions observées sont caractérisées par des plaques arrondies de 2 à $5^{cm}$ de diamètre où les poils sont agglutinés par des croûtes grisâtres. Les poils s'arrachent facilement avec les croûtes, découvrant une surface cutanée circinée.

L'examen microscopique effectué suivant les techniques habituelles nous montre des filaments mycéliens relativement peu cloisonnés, au début de l'affection; plus tard ils se ramifient, se cloisonnent à l'excès, fortifient leurs membranes et donnent une masse de spores mycéliennes de $2^{\mu}$ à $2^{\mu},5$, disposées en chaînettes. L'espèce appartient au type endothrix pur; ceci a retenu particulièrement notre attention, étant donné la tendance que l'on a de ranger les teignes d'origine animale dans le type ectothrix; toutefois Galli-Valerio a pu isoler un endothrix pur de lésions pilaires chez les jeunes Veaux.

Sur gélose maltosée de Sabouraud on observe, au bout de 7 jours, des colonies circulaires duveteuses de $1^{cm}$ à $2^{cm}$ de diamètre, d'un blanc pur, formées d'un duvet de quelques millimètres de hauteur. Après 12 jours la culture s'étale, montrant au centre un bouton saillant duveteux. Bientôt on remarque autour de cet umbo quelques dépressions circulaires avec incisures radiées; après 37 jours de culture, les colonies prennent l'aspect poudreux. Sur les autres milieux les caractères microscopiques diffèrent peu.

Depuis 7 mois que nous cultivons cette espèce nous n'avons jamais observé de transformation pléomorphique.

L'étude microscopique de ces cultures nous a donné les caractères suivants : mycélium cylindrique cloisonné, ramifié de $1^{\mu},5$ à $2^{\mu},5$ de diamètre. A la suite de nombreux repiquages le calibre diminue et le trajet devient plus flexueux. Parfois on constate la présence de chlamydospores intercalaires ($10^{\mu}$ sur $7^{\mu},5$) et de chlamydospores terminales. Sur les milieux de Sabouraud maltosé et glucosé on observe, au bout de 23 jours, des appareils sporifères du type Acladium avec des aleuries ($2^{\mu}$ sur $4^{\mu}$) implantées perpendiculairement sur

l'extrémité du mycélium qui les porte. Sur milieu de Grigoraki on a observé, après 23 jours, la présence de nombreuses spores fusiformes de $3^{\mu}$ sur $2^{\mu}$. Nous n'avons jamais pu obtenir l'appareil conidien en grappe malgré l'utilisation de milieux favorables tels que la gélose au riz.

Dans les cultures primaires nous avons décelé la présence de rares fuseaux; ces éléments sont allongés, fuselés, divisés en logettes par des cloisons transversales; ils mesurent $12^{\mu},5$ de long sur $3^{\mu}$ de large. A la suite de nombreux repiquages on a constaté dans les différents milieux de culture l'apparition de nombreux fuseaux qui présentent sensiblement les mêmes dimensions.

Après 26 jours de culture sur carotte et gélose au riz on a remarqué la présence de tortillons spiralés qui sont constitués par un filament mycélien fin, non cloisonné, enroulé en spirale; ces productions sont exceptionnelles.

Les caractères microscopiques et culturaux de l'organisme isolé nous incitent à le classer dans le genre *Trichophyton*, non loin de *Trichophyton acuminatum* Sabouraud, 1893.

L'étude biologique et biochimique et des recherches sur le pouvoir pathogène expérimental de cet organisme, ainsi que sur la thérapeutique de l'infection sont en cours.

PHYSIOLOGIE. — *Les modifications de l'électromyogramme élémentaire et les troubles de la transmission neuromusculaire dans la tétanie.* Note [1] de MM. **Raymond Turpin**, **Jacques Lefebvre** et **Jean Lerique**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons étudié l'électromyogramme au niveau des muscles interosseux et extenseurs des doigts, dans la tétanie.

I. Chez le sujet normal, l'enregistrement au repos montre une ligne de base régulière sans accidents.

L'enregistrement d'une très légère contraction fait apparaître des accidents normaux (pointes triphasiques espacées de 100 à $200^{\sigma}$).

Après 15 minutes d'hyperpnée, on observe, en même temps qu'apparaît la contracture tétanique, une activité électrique constituée par des accidents doubles, formés par la répétition, à un intervalle de $12^{\sigma}$, de deux pointes triphasiques élémentaires; ces accidents sont espacés les uns des autres par des intervalles de l'ordre de $130^{\sigma}$. Au fur et à mesure que la contracture devient plus importante, le recrutement de nouvelles unités neuro-myoniques se traduit d'abord par l'apparition de nouveaux groupes de pointes doubles, puis par un aspect trop complexe pour pouvoir être interprété.

II. Chez le sujet atteint de tétanie latente, le silence électrique n'est pas obtenu au repos, ce qui témoigne d'une augmentation légère du tonus; déjà,

---

(1) Séance du 5 avril 1943.

apparaissent, au milieu d'ondes simples normales, des aspects de doublets, identiques à ceux que l'on observe dans la crise de tétanie par hyperpnée.

Lorsque la crise se déclenche, l'électromyogramme devient complexe, mais souvent, une ou plusieurs séries de doublets apparaissent, régulièrement espacées. Parfois, au début ou au décours de la crise, des aspects complexes se dessinent qui semblent formés de trois éléments.

Le trouble caractéristique de la tétanie ne serait donc pas la fréquence des accidents de l'enregistrement, qui est du même ordre que celle d'un sujet normal, mais *la répétition, sous forme de doublets, de la pointe élémentaire.*

Nous nous sommes demandé si les troubles de la tétanie ne correspondaient pas à une modification du rôle de l'acétylcholine à la jonction neuromusculaire. Nous avons recherché (avec le concours de M^lle^ E. Corteggiani et M. A. Peloux) les variations de la cholinestérase ([2]) du sang au cours de la crise de tétanie. Cette mesure nous a montré une baisse légère, mais constante, vérifiée par quatre examens, de l'activité cholinestérasique, mesurée avant, pendant et après l'accès de tétanie par hyperpnée : par exemple, 98-87-100, 106-98-102.

Il serait prématuré de donner une conclusion à ces recherches. Pourtant, il est possible de concevoir schématiquement un rapport entre la diminution de l'estérification de l'acétylcholine et l'existence des accidents doubles qui caractérisent l'électromyogramme de la tétanie.

La répétition du potentiel d'action musculaire pourrait être l'analogue du bref tétanos asynchrone que l'on observe sur le muscle ésériné, par l'application d'un stimulus unique sur le nerf.

A $15^h35^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h45^m$.

L. B.

---

([2]) Mendel, Nümdell et Streleitz, *Nature*, 144, 1939, p. 479; L. Massart et R. Dufait, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 21, 1939, p. 1038.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MERCREDI 28 AVRIL 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## CORRESPONDANCE.

SPECTROSCOPIE. — *Mise en évidence du rayonnement octopolaire par l'effet Zeeman de certaines raies de l'hélium.* Note de MM. **Jean Brochard** et **Pierre Jacquinot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Cette Note fait suite à celle dans laquelle il avait été montré, grâce à l'effet Zeeman, que, parmi les raies très faibles de l'hélium récemment découvertes, les raies du type P-F sont dues au rayonnement quadrupolaire (1). Nous avons pu montrer cette fois que les raies du type P-G sont des raies octopôles (2).

De même que les raies P-F, les raies P-G se présentent comme des satellites très faibles de raies intenses distantes de moins de 1 Å, mais leur intensité relative est encore plus faible (environ $4.10^{-4}$). Il a donc fallu utiliser une source très puissante et profiter de l'autoabsorption dans un tube long (3). La nouvelle source est constituée par deux tubes refroidis en silice (diamètre $8^{mm}$, longueur $75^{cm}$) disposés côte à côte dans l'entrefer de l'électroaimant de Bellevue muni de pièces polaires de $75^{cm}$ de diamètre, optiquement alignés et visés *en bout*; un miroir est placé à l'extrémité du deuxième tube et l'ensemble est équivalent à un tube de $2^m$. Une forte illumination dans le champ est obtenue au moyen d'un puissant oscillateur à lampes qui permet de dépenser *dans le tube* une puissance de l'ordre de 2kW (fréquence 10 mégacycles). La pression optima varie, suivant le champ de 1 à $3^{mm}$. Avec des poses de 3 à 6 heures, on obtient ainsi convenablement des clichés Zeeman des raies P-G.

Les raies du type P-G correspondent à un saut quantique $\Delta L = 3$ interdit pour les rayonnements dipolaire et quadrupolaire, mais non pour le rayonnement octopolaire. Elles pourraient aussi être dues à des rayonnements dipolaire ou quadrupolaire forcés par un champ électrique. Les règles de sélection et les intensités relatives des composantes Zeeman sont différentes

---

(1) P. Jacquinot, *Comptes rendus*, **208**, 1939 p. 1896; **213**, 1941, p. 64.

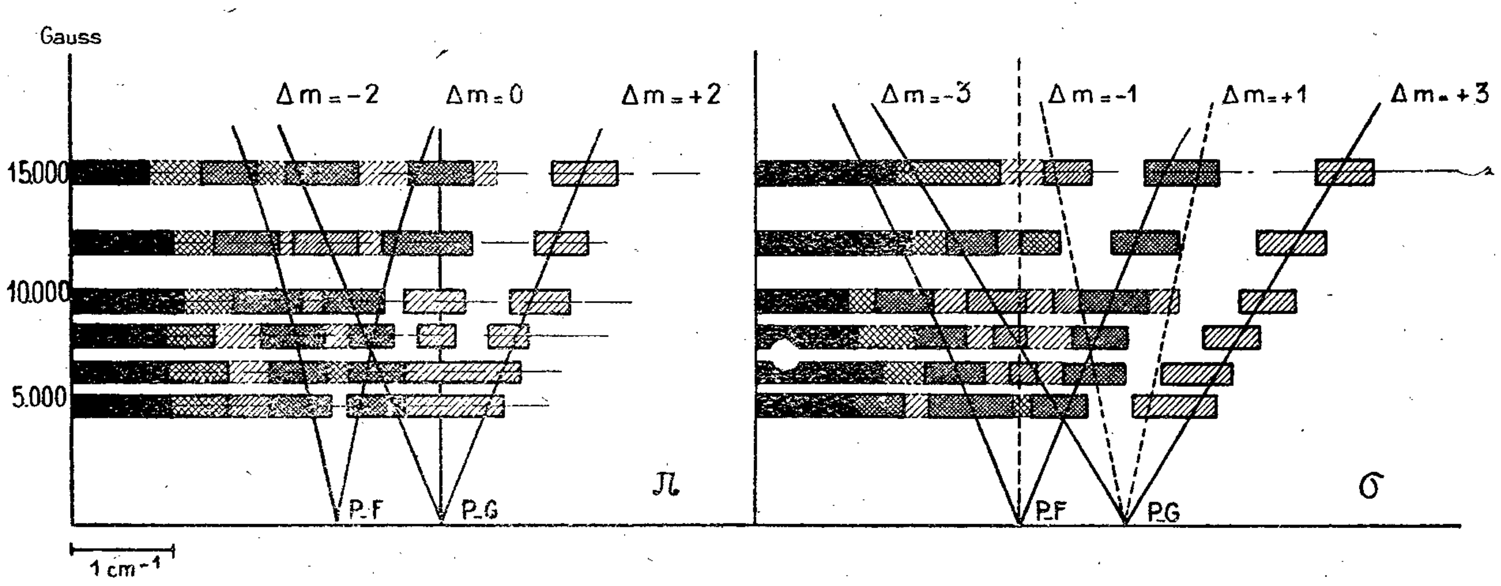
(2) Huff et Houston (*Phys. Rev.*, **36**, 1930, p. 842) avaient attribué au rayonnement octopolaire la raie interdite 2770 de Hg, mais ont indiqué par la suite qu'elle était due au couplage entre le moment électronique et le moment nucléaire.

(3) P. Jacquinot, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 537.

dans les trois cas. M. J. Yvon (4) a fait un calcul complet des décompositions dans les différents cas. Nos mesures ont porté sur les raies $2\,^1P\text{-}5\,G$ et $2\,^1P\text{-}6\,G$ qui accompagnent les raies intenses $2\,^1P\text{-}5\,^1D$, 4387 Å et $2\,^1P\text{-}6\,^1D$, 4143 Å. Les figures observées étant les mêmes dans les deux cas (bien qu'un peu moins nettes pour la raie 4143), nous ne discuterons que les résultats relatifs à la raie 4387.

Cette raie était apparue comme double sans champ (4) et attribuée aux transitions $2\,^1P\text{-}5\,^1G$ et $2\,^1P\text{-}5\,^3G$; sur les clichés Zeeman, seules sont visibles les composantes dues à la raie de plus grande longueur d'onde, sans qu'il soit possible de dire auquel des niveaux $^1G$ ou $^3G$ elle correspond (leurs valeurs ne sont pas connues par ailleurs). Le calcul fait pour les raies $^1P\text{-}^1G$ s'applique aussi bien aux deux cas : le triplet très serré $^3G$ subit un effet Paschen Back total et peut être traité comme un niveau de singulet.

L'observation est rendue difficile par le voisinage de la raie intense $2\,^1P\text{-}5\,^1D$ et surtout de la raie voisine $2\,^1P\text{-}5\,F$ dont les composantes s'enchevêtrent avec celles de la raie étudiée. D'autre part les raies sont larges (environ 0,1 Å) et les composantes ne sont pas résolues dans les champs très faibles. Pour identifier les composantes sans ambiguïté, il est nécessaire de les suivre dans des champs différents; la figure donne une représentation schématique de




l'ensemble. Le type observé est, suivant la notation habituelle, (0) (2) 3, les intensités des composantes étant sensiblement égales (5). On voit, par exemple, sur la figure, que pour un champ de 9500 gauss, les diverses composantes sont séparées, mais que la composante $\pi\,(-2)$ est superposée à une composante de la raie P-F tandis que pour 12000 gauss, c'est la composante $\pi(0)$ qui est masquée. En tous cas, les emplacements d'éventuelles

---

(4) Voir ci-après page 583.

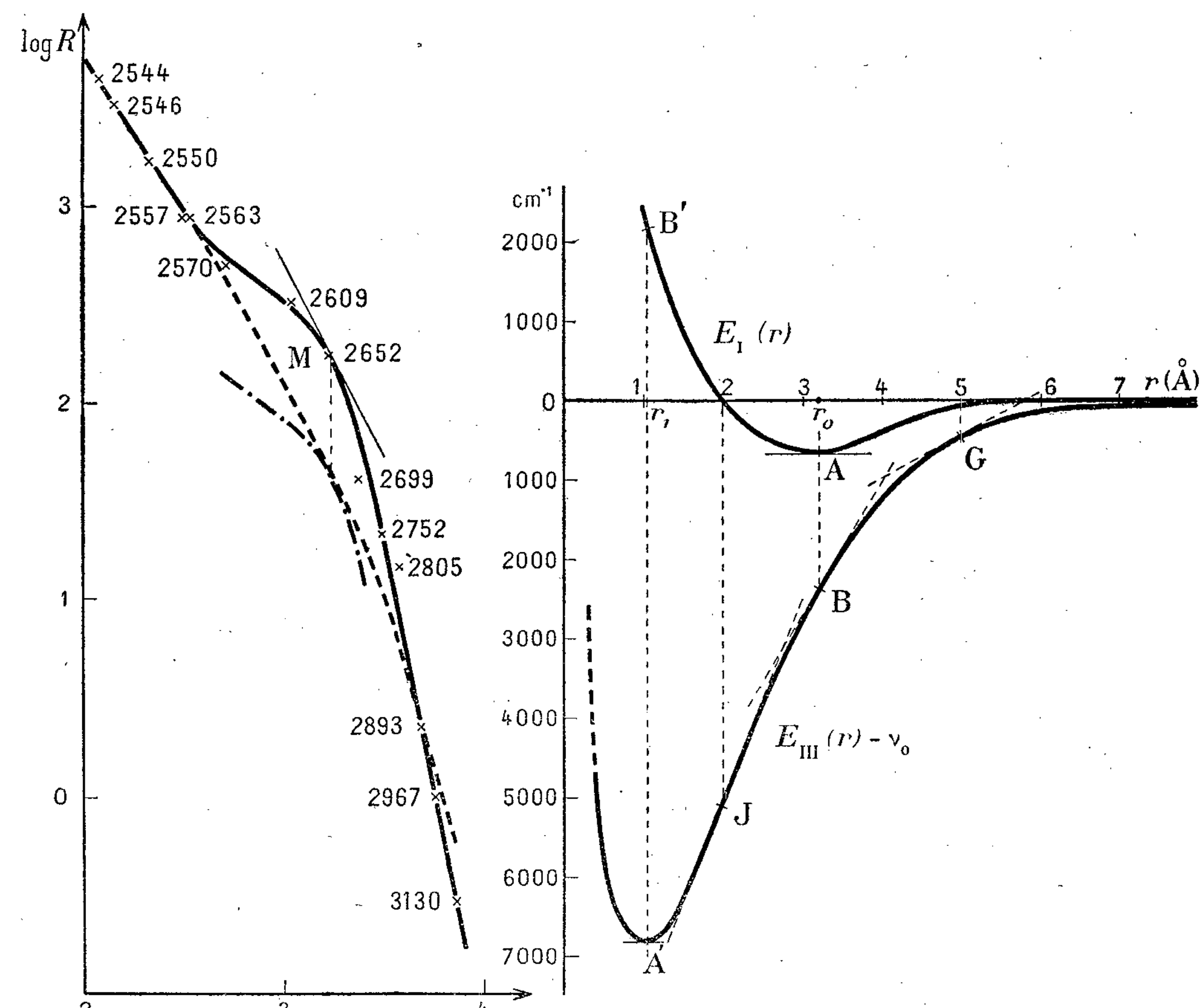
(5) On remarque en réalité une dissymétrie d'intensité, les composantes $\Delta m < 0$ étant les plus fortes. Ce fait doit être dû à un effet Paschen-Back naissant entre le niveau G et les niveaux voisins F ou D, qui se manifeste probablement aussi par un accroissement dans le champ, de l'intensité de la transition P-G.

composantes $\sigma(\pm 2)$ et $\pi(\pm 1)$ étant libres sur plusieurs clichés, on peut affirmer que ces composantes n'existent pas, ou sont beaucoup plus faibles que les autres. En ce qui concerne les composantes $\sigma(\pm 1)$ et surtout $\sigma(0)$, il n'est pas possible d'affirmer qu'elles n'existent pas, mais seulement qu'elles sont au moins quatre fois plus faibles que les autres. La décomposition observée est bien en accord avec celle qui a été calculée par M. J. Yvon pour les raies octopôles, et absolument incompatible avec celles des autres rayonnements. La seule connaissance des règles de sélection n'aurait pas permis de conclure, les composantes $\sigma(\pm 1)$ étant permises mais quasi nulles.

*Les raies étudiées doivent donc être attribuées au rayonnement octopolaire, dont un exemple se trouve ainsi donné pour la première fois.*

OPTIQUE. — *Détermination de la courbe de potentiel de la molécule* $^1S + {}^3P_1$ *du mercure.* Note (¹) de M. **Robert Lennuier** et de Mlle **Yvonne Crenn**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les résultats de notre étude (²) de la variation de l'intensité de l'émission fluorescente 3350 Å de la vapeur de mercure en fonction du nombre d'ondes




*a* Fig. 1. *b*

du rayonnement excitateur sont représentés par la courbe en traits pleins de la figure 1 *a* ci-dessus.

(¹) Séance du 12 avril 1943.

(²) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 486.

Les connaissances théoriques et expérimentales rappelées dans une Note précédente ([3]) concernant les courbes de potentiel des paires $^1S+{}^1S$ et $^1S+{}^3P_1$ permettent d'interprèter comme suit ces résultats.

*a. Région des grandes valeurs de r.* — On a $\nu_0-\nu=(C_{III}-C_I)/r^6$ d'où il résulte que $R\sim 1/(\nu_0-\nu)^{\frac{3}{2}}$ car les valeurs de $E_I(r)$ sont petites et le terme de Boltzmann reste sensiblement égal à l'unité. La courbe expérimentale (*fig.* 1 *a*) vérifie cette loi de 2544 Å à 2570 Å ($\nu_0-\nu<500\,\text{cm}^{-1}$). Nous préciserons plus loin les valeurs de $E_{III}(r)$ dans ce domaine.

*b. Région du minimum de* $E_I$. — La loi en $r^{-6}$ n'est plus admissible, d'abord pour $E_I$, puis pour $E_{III}-\nu_0$. En outre le terme de Boltzmann prend de l'importance. La première remarque explique pourquoi la courbe pointillée, qui représentera (*fig.* 1 *a*) les seuls facteurs $r^2\ (dr/d\nu)$ dans l'expression de R, va s'écarter de la droite de pente $-3/2$. La seconde remarque explique l'écart entre la courbe expérimentale et la courbe pointillée, cet écart compté suivant l'axe vertical étant égal à $\log_{10}e^{-E_I/kT}=-0{,}93.10^{-3}E_I\,\text{cm}^{-1}$. Le maximum de $-E_I$ étant connu on peut en déduire l'écart maximum des deux courbes, prolonger la courbe pointillée par le procédé graphique indiqué sur la figure et évaluer ainsi $\nu_0-\nu=1740\,\text{cm}^{-1}$ en $r=r_0$; on en tire $E_{III}(r_0)=\nu_0-2390\,\text{cm}^{-1}$. Nous obtenons ainsi le point B de la courbe $E_{III}(r)-\nu_0$ (*fig.* 1 *b*); on peut calculer la tangente en B à partir de la tangente en M (*fig.* 1 *a*) : si l'on confond au voisinage de B la courbe de potentiel avec une courbe en $1/r^n$ ayant même tangente, la pente de la tangente en E a pour valeur $-(n+3)/n$ et le graphique donne $n=3$. On en tire, pour le point B d'abscisse $r_0$,

$$\left(\frac{dE_{III}}{dr}\right)_{r_0}=\frac{d}{dr}(E_{III}-E_I^*)_{r_0}=\frac{n}{r_0}(\nu_0-\nu)=1650\,\text{cm}^{-1}/\text{Å}.$$

Revenant aux valeurs $r>r_0$, l'écart des deux courbes pleine et pointillée de la figure 1 *a* établit une correspondance entre $\nu_0-\nu$ et $E_I$ qui permet de tracer la courbe $E_{III}(r)$ autour de $r=5$ Å avec une assez bonne précision. Par exemple en G (*fig.* 1 *b*) : $r=5$ Å; $E_{III}-\nu_0=500\,\text{cm}^{-1}$; $dE_{III}/dr=600\,\text{cm}^{-1}/\text{Å}$. On en tire $C_{III}=800.10^4$.

*c. Région du minimum de* $E_{III}$. — L'extrapolation de la courbe pointillée (*fig.* 1 *a*) devient ici trop incertaine. Mais la formule de Morse ([3])

$$E_{III}(r)=\nu_0+De^{-2a(r-r_1)}-2\,De^{-a(r-r_1)}$$

donne $E_{III}$ avec une approximation suffisante autour de son minimum; l'énergie de dissociation est connue $D=\nu_0-E_{III}(r_1)=6800\,\text{cm}^{-1}$. En appliquant la formule au point B on trouve $a=0{,}76$ et $r_1=1{,}05$ Å, qui fixe la distance internucléaire au minimum. Le point d'inflexion J est défini par ses coor-

([3]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 533.

([3]) *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 57.

données et sa tangente

$$\left(r = 1,97\ \text{Å}\ ;\ E_{III} - \nu_0 = 5100\ \text{cm}^{-1}\ ;\ \frac{dE_{III}}{dr} = 2600\ \text{cm}^{-1}/\text{Å}\right).$$

La courbe $E_{III}$ étant ainsi construite, on peut obtenir avec précision deux points de la courbe $E_I$ dans la région $r < r_0$ : le point $E_I = 0$ pour $r = 2$ Å ($\nu_0 - \nu = 5000\ \text{cm}^{-1}$ d'accord avec les mesures d'absorption de Kühn), et le point $E_I(r_1) = 2200\ \text{cm}^{-1}$ dont l'abscisse est celle du minimum de $E_{III}$, soit 1,0 Å.

L'ensemble des deux courbes de potentiel est donné par la figure 1 *b*.

SPECTROSCOPIE. — *Calcul de l'effet Zeeman transversal d'une raie octopôle de l'hélium.* Note de M. **Jacques Yvon**, présentée par M. Aimé Cotton.

MM. Jacquinot et Brochard (voir ci-dessus p. 581) ont observé dans le spectre de l'hélium excité par des décharges électriques une raie dont ils ont étudié la décomposition Zeeman transversale et qu'il faut attribuer probablement à la transition $2^1P$-$5^1G$. Cette transition est interdite par les règles de sélection des rayonnements dipolaire et quadrupolaire. Elle est au contraire permise par les règles de sélection du rayonnement octopolaire. Elle pourrait être due également à une émission de quadrupôle forcé (effet du premier ordre) et aussi à une émission de dipôle forcé (effet du deuxième ordre). En vue de permettre la détermination de la nature exacte de cette raie, j'ai calculé les intensités relatives des différentes composantes de la raie $2^1P$-$5^1G$ lors d'un effet Zeeman transversal, pour chacune des hypothèses précédentes. Le problème a été traité comme un problème à un électron sans spin, ce qui paraît justifié dans le système des singulets.

Le champ magnétique est dirigé suivant $Oz$. La lumière se propage suivant $Ox$. L'état initial est noté $g$, l'état final $p$. La transition dipôle forcé fait intervenir deux états virtuels intermédiaires, l'un $5^1D$, noté $d$, l'autre $5^1F$, noté $f$. La transition quadrupôle forcé fait intervenir un état virtuel intermédiaire $5^1F$ (on suppose le champ électrique perturbateur $\vec{E}$ uniforme). La théorie du rayonnement conduit tout d'abord à calculer les éléments de matrice suivants, dont le module carré donnera, en intensités relatives, les différentes composantes de la raie étudiée. $\Phi_g$ désigne une fonction propre, $\vec{r}_{gf}$, $y_{dp}$ un élément de la matrice associée au rayon vecteur.

| Rayonnement | Composantes $\pi$. | Composantes $\sigma$. |
|---|---|---|
| octopolaire ........ | $\int \Phi'_p x^2 \frac{\partial}{\partial z} \Phi_g \, d\tau$ | $\int \Phi'_p x^2 \frac{\partial}{\partial y} \Phi_g \, d\tau$ |
| dipolaire forcé..... | $\sum_f \sum_d (\vec{E} \times \vec{r}_{gf})(\vec{E} \times \vec{r}_{fd}) z_{dp}$ | $\sum \sum_d (\vec{E} \times \vec{r}_{gf})(\vec{E} \times \vec{r}_{fd}) y_{dp}$ |
| quadrupolaire forcé. | $\int \Phi'_p \sum (\vec{E} \times \vec{r}_{gf}) x \frac{\partial}{\partial z} \Phi_f \, d\tau$ | $\int \Phi'_p \sum (\vec{E} \times \vec{r}_{gf}) x \frac{\partial}{\partial y} \Phi_f \, d\tau$ |

Les règles de calcul des éléments de matrice m'ont permis de ramener le tableau précédent au suivant où $\vec{u}$ représente le vecteur unitaire porté par le rayon vecteur de cosinus directeurs $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ et $y_g$ la fonction de Laplace de l'état $g$. $dO$ est l'élément d'angle solide.

| | Composantes $\pi$. | Composantes $\sigma$. |
|---|---|---|
| Rayonnement octopolaire......... | $(\alpha^2\gamma)_{gp} = \int y'_p \alpha^2 \gamma y_g \, d\tau$ | $(\alpha^2\beta)_{gp} = \int y'_p \alpha^2 \beta y_g \, d\tau$ |
| » dipolaire forcé....... | $\left([\vec{E} \times \vec{u}]^2 \gamma\right)_{gp}$ | $\left([\vec{E} \times \vec{u}]^2 \beta\right)_{gp}$ |
| » quadrupolaire forcé.. | $\left([\vec{E} \times \vec{u}] \alpha\gamma\right)_{pg}$ | $\left([\vec{E} \times \vec{u}] \alpha\beta\right)_{pg}$ |

L'évaluation des éléments du tableau précédent nécessite le calcul, pour les différentes transitions $G \rightarrow P$, des éléments des matrices associées respectivement aux grandeurs $\gamma^3$, $\gamma^2(\alpha + i\beta)$, ..., qui sont donnés dans le tableau suivant. Chaque transition est caractérisée par un nombre quantique magnétique initial $m_2$ et par un nombre quantique final $m_1$. On a transcrit seulement les éléments non nuls (multipliés au préalable par 105) en indiquant en regard les nombres quantiques correspondants.

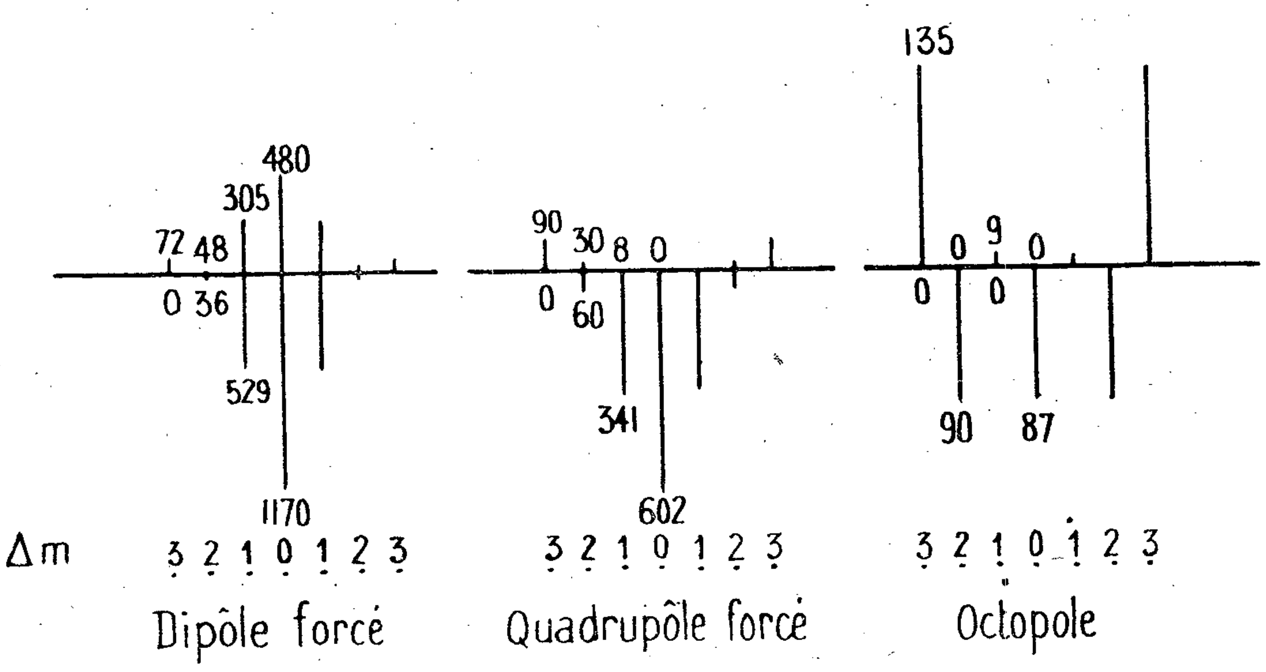
| $m_1$........ | 0. | | +1. | | −1. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\gamma^3$ ............. | $m_2 = 0$ | $8\sqrt{3}$ | $m_2 = +1$ | $2\sqrt{30}$ | $m_2 = -1$ | $2\sqrt{30}$ |
| $\gamma^2(\alpha + i\beta)$ ...... | $m_2 = -1$ | $4\sqrt{15}$ | $m_2 = 0$ | $193\sqrt{6}/8$ | $m_2 = -2$ | $4\sqrt{15}$ |
| $\gamma^2(\alpha - i\beta)$ ...... | $m_2 = +1$ | $4\sqrt{15}$ | $m_2 = +2$ | $4\sqrt{15}$ | $m_2 = 0$ | $193\sqrt{6}/8$ |
| $\gamma(\alpha + i\beta)(\alpha - i\beta)$. | $m_2 = 0$ | $193\sqrt{3}/4$ | $m_2 = +1$ | $-2\sqrt{30}$ | $m_2 = -1$ | $-2\sqrt{30}$ |
| $\gamma(\alpha + i\beta)^2$....... | $m_2 = -2$ | $4\sqrt{30}$ | $m_2 = -1$ | $-2\sqrt{30}$ | $m_2 = -3$ | $2\sqrt{210}$ |
| $\gamma(\alpha - i\beta)^2$ ...... | $m_2 = +2$ | $4\sqrt{30}$ | $m_2 = +3$ | $2\sqrt{210}$ | $m_2 = +1$ | $-2\sqrt{30}$ |
| $(\alpha + i\beta)^3$........ | $m_2 = -3$ | $4\sqrt{105}$ | $m_2 = -2$ | $-4\sqrt{15}$ | $m_2 = -4$ | $8\sqrt{105}$ |
| $(\alpha - i\beta)^3$........ | $m_2 = +3$ | $4\sqrt{105}$ | $m_2 = +4$ | $8\sqrt{105}$ | $m_2 = 2$ | $-4\sqrt{15}$ |
| $(\alpha + i\beta)^2(\alpha - i\beta)$. | $m_2 = -1$ | $-4\sqrt{15}$ | $m_2 = 0$ | $4\sqrt{6}$ | $m_2 = -2$ | $-4\sqrt{15}$ |
| $(\alpha + i\beta)(\alpha - i\beta)^2$. | $m_2 = +1$ | $-4\sqrt{15}$ | $m_2 = +2$ | $-4\sqrt{15}$ | $m_2 = 0$ | $4\sqrt{6}$ |

On déduit de là aisément les intensités relatives des différentes composantes de l'effet Zeeman étudié, pour chacune des possibilités envisagées. Chaque composante est caractérisée par sa nature ($\pi$ ou $\sigma$) et par la différence correspondante $\Delta m = m_2 - m_1$. Dans le cas des rayonnements forcés, on a supposé le champ électrique orienté au hasard et l'on a pris la moyenne des intensités calculées tout d'abord.

La figure montre, suivant la représentation habituelle, les décompositions calculées, avec les intensités des diverses composantes ($\sigma$ en haut).

On peut espérer que les nombres que nous avons obtenus permettront de déterminer si le rayonnement observé est de nature octopolaire. Une éven-

tualité a été négligée : celle d'un rayonnement dipolaire forcé dû à un champ électrique non uniforme (perturbation du premier ordre). Ce cas se




traduit certainement lui aussi par la présence simultanée, pour un même $\Delta m$, de composantes $\pi$ et $\sigma$, ce qui est exclu dans le cas du rayonnement octopolaire.

CHIMIE MINÉRALE. — *Influence du* pH *sur la composition et l'aspect physique des molybdates de sodium.* Note de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons généralisé aux molybdates de sodium la méthode de préparation par voie humide déjà appliquée aux vanadates de sodium de potassium (Guiter, *Ann. Chim.*, 2e série, 5, 1941) et de lithium ([1]), en étudiant la variation du nombre $p$, caractéristique du molybdate $MoO^3, pNa^2O$, en fonction du pH de la solution aqueuse par évaporation de laquelle ce molybdate est susceptible de cristalliser.

*Mode d'obtention des molybdates de sodium.* — Nous avons utilisé 34 bechers, dans chacun desquels nous avons placé $25^{cm^3}$ d'une solution 0,84 normale de molybdate de sodium [(0,84/2) $MoO^4Na^2$ mg/l]. Dans ces bechers, nous avons ajouté des quantités variables avec l'essai, d'acide chlorhydrique ION (20 et $10^{cm^3}$) et N (30 à $1^{cm^3}$), d'acide acétique pur (20 à $1^{cm^3}$) et N (8 à $10^{cm^3}$), de soude N (1 à $60^{cm^3}$). Nous avons ainsi obtenu une gamme étendue de valeurs du pH, de — 0,7 aux environs de 14. Nous avons mesuré colorimétriquement ces valeurs entre 0,2 et 12,6. Au delà de ces limites, nous les avons approximativement déterminées en tenant compte de la dissociation de l'acide ou de la base. En milieu acétique, le pH minimum obtenu a été de 3,4. La courbe de neutralisation, obtenue en portant les pH en ordonnées et les centimètres cubes d'acide chlorhydrique en abscisses, est identique à celle tracée

---

([1]) Carrière et Guiter, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1942, p. 691.

par MM. Travers et Malaprade [2]. Elle met en évidence, par deux points d'inflexion, la prédominance en solution d'ions correspondant aux sels

$4MoO^3$, $Na^2O$ pour pH 1,9 à 4,4 soit dans la zone de virage de l'hélianthine;
$MoO^3$, $Na^2O$ pour pH 6,6 à 10,7 soit dans la zone de virage de la phénolphtaléine.

Nous avons placé ces bechers dans des dessiccateurs garnis de potasse caustique, et à la température du laboratoire, soit 10 à 20°C. Des cristaux apparaissent au bout de deux jours dans les essais acides et de dix mois dans les essais basiques. Nous effectuons des cristallisations fractionnées et procédons ensuite à l'analyse des composés isolés.

*Molybdates de sodium obtenus.* — *a.* En présence d'ions chlorhydriques :

1° pour les valeurs négatives du pH il apparaît en quelques jours des cubes, non groupés en trémies, de chlorure de sodium;

2° de pH 0,8 à 2, en vingt jours, nous obtenons des bâtonnets transparents, incolores, solubles dans l'eau et l'alcool, insolubles dans l'éther, s'effleurissant rapidement.

Ils répondent à la formule $4MoO^3$, $Na^2O$, Aq;

3° de pH 0,8 à 4,5, en un mois, il se dépose une poudre blanche, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et l'éther; c'est un trimolybdate $3MoO^3$, $Na^2O$, $1,5H^2O$;

4° Au-dessus de pH 1,8 il apparaît en deux mois à l'extrémité acide et dix mois pour les pH très élevés, des produits de formule $MoO^3$, $Na^2O$, $2H^2O$. C'est du molybdate normal.

*b.* En présence d'ions acétiques :

1° pour pH 3,5 il se produit en dix jours un abondant dépôt cristallin d'acide molybdique $MoO^3$, $H^2O$;

2° de pH 4,1 à 6,4 nous obtenons en un temps de l'ordre de dix jours une poudre blanche de formule $3MoO^3$, $2Na^2O$, $10H^2O$. Ce sel n'est attesté par aucun auteur; d'ailleurs la littérature chimique ne mentionne aucun sel compris entre le paramolybdate ($p = 0,42$) et le molybdate normal ($p = 1$);

3° de pH 3,5 à 4,3, en quinze jours il apparaît le paramolybdate $7MoO^3$, $3Na^2O$, $10H^2O$ sous forme d'une poudre blanche, insoluble dans l'alcool et l'éther;

4° de pH 3,3 à 4,3 cristallisent en quatre mois des étoiles cristallines blanches de trimolybdate $3MoO^3$, $Na^2O$, $7H^2O$, insolubles dans l'alcool et l'éther;

5° Au-dessus de pH 5,5 apparaît en trois mois le molybdate normal $MoO^3$, $Na^2O$, $2H^2O$.

*c.* Dans les solutions fortement basiques, il ne cristallise toujours que le molybdate normal $MoO^3$, $Na^2O$, $2H^2O$. Ce sel apparaît donc, en présence

---

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 1567.

d'ions chlorhydriques, à partir de pH 1,9 et exclusivement à partir de pH 6,5, en présence d'ions acétiques, à partir de pH 5,5, et exclusivement à partir de pH 7. La zone de pH dans laquelle il prend naissance est, par conséquent, très étendue et l'on peut dire que la structure de molybdate normal est privilégiée pour le sodium. Il ne cristallise pas de sel plus basique. La durée d'apparition varie de deux mois en milieu chlorhydrique, à dix mois en milieu alcalin.

L'aspect physique de ce molybdate varie en fonction du pH (et non de la durée de cristallisation) :

de pH 1,9 à 12, poudre fine et brillante;

de pH 12 à 12,6, gros grains d'aspect rappelant celui de l'acide borique;

de pH 12,6 à 13, cristaux incolores, tricliniques, avec troncatures sur deux arêtes opposées;

de pH 13 à 13,3, gros cristaux tricliniques, sans troncatures, avec faces de l'ordre du centimètre carré;

de pH 13 à 13,6, cristaux tricliniques beaucoup plus petits.

L'aspect physique est donc fonction du pH et il y a un optimum de cristallisation pour une zone de pH de 13 à 13,3.

*Conclusions.* — Nous avons mis en évidence et préparé un molybdate nouveau $3MoO^3$, $2Na^2O$, $10H^2O$ en milieu acétique de pH 4,1 à 6,4; pour chaque molybdate, nous avons déterminé l'intervalle de pH dans lequel il apparaît. Le produit le plus favorisé est le molybdate normal $MoO^3$, $Na^2O$, $2H^2O$ et son aspect physique est fonction du pH; il présente un optimum de cristallisation de 13 à 13,3. La composition des molybdates acides dépend du pH et des anions présents.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'ionisation et la pollution actuelles de l'atmosphère parisienne.* Note de Mme **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai déjà étudié [1] l'effet de la réduction générale des combustions, due aux circonstances actuelles, sur la teneur de l'air en noyaux de condensation dans la région parisienne. Ayant pu réinstaller les appareils que j'avais utilisés en 1934-1935 pour des recherches sur l'ionisation de l'air [2] j'ai repris des mesures analogues à celles que j'avais faites à cette époque au même endroit (quartier du Val-de-Grâce, 4e étage de l'Institut de Géographie). Le tableau suivant contient les valeurs moyennes obtenues pendant le mois de mars dernier (deux mesures par jour autour de $9^h30^m$ et de $16^h$ T. M. G.,

---

(1) Mme O. Thellier et E. Thellier, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 303.

(2) Mme O. Thellier, *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, **19**, 1941, p. 107-179.

pendant 23 jours) et, pour comparaison, les valeurs correspondantes obtenues en mars 1935; les notations sont celles du Mémoire cité : $\lambda$ conductibilité électrique de l'air en u. e. s., $n$, N, $N_A$ nombres de petits ions, de gros ions et de noyaux de condensation par centimètre cube d'air; les indices 1 et 2 se rapportent respectivement aux ions positifs et négatifs.

| | | $\lambda_1.10^4$. | $\lambda_2.10^4$. | $n_1$. | $n_2$ | $N_1$. | $N_2$. | $N_A$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mars 1943 | $9^h30^m$.......... | 0,168 | 0,174 | 48 | 41 | 21 000 | 20 700 | 82 000 |
| | $16^h$............. | 0,270 | 0,280 | 95 | 66 | 10 000 | 10 100 | 62 000 |
| Mars 1935 | $9^h30^m$.......... | 0,107 | 0,115 | 33 | 27 | 20 600 | 21 400 | 100 000 |
| | $16^h$............. | 0,157 | 0,148 | 40 | 38 | 15 800 | 16 200 | 97 000 |

1. Ce tableau montre pour 1943 une diminution du nombre de noyaux de condensation accompagnée d'une diminution du nombre de gros ions (au moins l'après-midi) et une augmentation du nombre de petits ions et de la conductibilité électrique. La variation est assez nette pour qu'on puisse conclure, malgré les variations possibles d'une année à l'autre en période normale, que l'atmosphère parisienne s'est rapprochée de celle des lieux moins habités. L'air de Paris se serait ainsi *purifié* par suite des circonstances actuelles, conclusion en accord avec celle qui résultait des mesures sur les noyaux pendant l'hiver 1940-1941.

Si l'on calcule les rapports de chacune des valeurs pour 1943 à la valeur correspondante pour 1935, on les trouve systématiquement plus éloignés de l'unité à $16^h$ qu'à $9^h30^m$; la réduction de la pollution est donc relativement plus forte l'après-midi que le matin. Ce résultat, comme M. Maurain me l'a suggéré, vient probablement de ce que la circulation automobile et l'activité des foyers domestiques et industriels est, en période normale, déjà très ralentie pendant la nuit.

2. Cherchons par quel mécanisme une variation des combustions peut entraîner les variations observées. Remarquons d'abord que les combinaisons des petits ions avec les gros ions et avec les noyaux neutres ne modifient pas le nombre des noyaux qui est ainsi indépendant de l'équilibre ionique. Au contraire le nombre des noyaux, qu'il faut alors distinguer en noyaux neutres et noyaux chargés ou gros ions, réagit sur l'équilibre ionique. Les équations de cet équilibre ont été souvent discutées ([3]); elles ne conduisent qu'à des relations approximatives entre les nombres de noyaux et les nombres d'ions, en particulier parce qu'elles contiennent des coefficients de recombinaison dont les valeurs sont mal connues. Les différences observées entre les valeurs de 1935 et 1943 pour les grandeurs mesurées $\lambda$, $n$, N, $N_A$, sont en bon accord avec ces relations.

([3]) Par exemple, voir le Chapitre IV, par O. H. Gish, dans *Physics of the Earth*, VIII; New-York and London, 1939.

Le nombre des noyaux de condensation, présents dans un domaine donné, s'établit par équilibre entre la production et l'enlèvement. On considère actuellement les combustions comme la source essentielle des noyaux dans les grandes villes; l'enlèvement est dû principalement au vent, à la diffusion turbulente, à l'adsorption par le sol et les poussières. En supposant que d'une époque à une autre les mouvements de l'air et la teneur en poussières d'une part, la répartition des sources et leur importance relative d'autre part, n'ont pas changé, on peut montrer que le nombre de noyaux varie, en chaque point de la région polluée, comme l'activité des combustions dans toute cette région. Il en résulte que le rapport des nombres de noyaux trouvés en 1935 et 1943 représenterait le rapport de cette activité dans la région parisienne à ces deux époques. Des statistiques de consommation permettront plus tard de juger l'exactitude de cette conclusion; mais il semble bien que les combustions aient subi une réduction plus grande. Le désaccord serait intéressant et pourrait être expliqué de la manière suivante. Des expériences de R. K. Boylan (4) et F. J. Scrase (5) révèlent que l'adsorption des noyaux de condensation par les solides, et en particulier par les particules en suspension dans l'air, est forte. Or ces particules, la suie par exemple, sont aussi fournies en abondance par les combustions; leur quantité dans l'air n'est pas constante, comme on l'a supposé plus haut, mais elle croît en même temps que la production des noyaux; dans ces conditions l'augmentation du nombre des noyaux par augmentation des combustions serait fortement freinée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Une synthèse nouvelle des causes de la floraison et des théories du photopériodisme.* Note (1) de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

G. Klebs (1910, 1918) s'est rendu maître de la floraison des *Sempervivum* en agissant sur les conditions de nutrition, sans souci de la durée d'éclairement; la valeur élevée du rapport C/N (glucides/protides) est ainsi devenue, dans la théorie classique, le facteur fondamental de la mise à fleur. Mais en 1920, W. W. Garnier et H. A. Allard ont montré que, dans les conditions ordinaires de nutrition, la durée quotidienne de l'éclairement commande la floraison de beaucoup de plantes : certaines, *plantes de jours longs* (Blé, Épinard), fleurissent seulement quand la durée d'éclairement *dépasse* un minimum ($>$10 à 12 heures par exemple); d'autres, *plantes de jours courts* (Chrysanthème, Soja tardif), fleurissent seulement quand cette durée *est inférieure* à un maximum ($<$12 à 15 heures par exemple). Dans ces divers cas les variations du rapport C/N sont tantôt conformes, tantôt opposées à ce qu'elles devraient être d'après la théorie classique (M. W. Parker et H. A. Borthwick,

(4) *Proc. Roy. Irish Acad.*, A, 37, 1926, n° 6, pp. 58-70.

(5) *Geophysical Memoirs*, 64, 1935, pp. 1-15.

(1) Séance du 19 avril 1943.

1939). Les auteurs russes, notamment M. Ch. Cajlachjan et B. S. Moskov (1936), ont prouvé que la réaction à la durée d'éclairement, ou *photopériodisme,* s'exerce par un mécanisme hormonal stimulé dans les feuilles et agissant sur les bourgeons. Ils ont nommé *florigène* ou *anthésine* cette hormone encore inconnue, que N. G. Cholodny (1939) voudrait confondre avec l'auxine. La formation de l'hormone de floraison reste déconcertante : chez les plantes de jours longs, l'*Anethum graveolens* par exemple (K. C. Hamner et A. W. Naylor, 1939), la lumière continue (84 à 100 heures de suite) suffit seule à induire la mise à fleurs, tandis que chez les plantes de jours courts, l'obscurité est essentielle et semble même seule suffisante chez *Xanthium pennsylvanicum* (K. S. Hamner et J. Bonner, 1938), où 40 heures de nuit consécutives suffisent à induire la floraison, pourvu que la température soit assez élevée. Pourtant il s'agit bien de la même hormone comme l'ont montré de nombreux greffages réciproques où des plantes de jours courts et de jours longs sont capables de provoquer les floraisons mutuelles.

L'analyse des résultats des auteurs et de mes propres expériences (poursuivies depuis 1934 sur le Chrysanthème, la Reine-Marguerite, la Calcéolaire etc.) me conduit à grouper tous ces faits sous une explication simple :

1° Il n'y a pas de contradiction entre le rôle du rapport C/N et celui des hormones nées du photopériodisme. La floraison, comme tant d'autres phénomènes biologiques, exige à la fois plusieurs facteurs qui, suivant les circonstances, peuvent être l'un ou l'autre limitants. Selon les conditions expérimentales, selon l'espèce choisie, ce sera le facteur hormonal ou le facteur trophique qui sera limitant; on est porté à le mettre seul en cause alors que tous les deux sont nécessaires. En particulier, dans les conditions habituelles de culture du Soja, le facteur trophique est largement suffisant, ses petites variations sont sans effet, le photopériodisme semble seul intervenir;

2° La lumière seule, et non l'obscurité, est dans tous les cas l'agent de synthèse de l'hormone de floraison dans les feuilles vertes; mais l'hormone est produite sous une forme inactive qui, si elle subsiste ainsi, reste bloquée sur place et limite sa propre formation. Ce qui diffère d'un cas à l'autre, ce sont les conditions de libération de l'hormone à l'état actif et mobile. Chez les plantes de jours courts, l'éclairement exerce un puissant effet inactivant; l'hormone ne se libère qu'à l'obscurité, par un phénomène chimique sensible à la température; des nuits longues sont donc nécessaires. Chez les plantes de jours longs, cet effet inactivant est faible ou nul, l'obscurité est donc inutile. On observe tous les passages d'un cas à l'autre, soit chez une même plante qui, en vieillissant, perd ce pouvoir inactivant de la lumière et, d'abord plante de jours courts, devient sur le tard plus ou moins plante de jours longs (comme le Soja *Biloxi*, H. A. Borthwick et M. W. Parker, 1939), soit d'une espèce à l'autre : un balancement quantitatif convenable entre le taux de production de l'hormone et le taux de son inactivation rend bien compte des

aptitudes de certaines plantes à exigences étroites comme le *Mikania scandens*, qui exige à très peu près 12 heures de jour et 12 heures de nuit.

3° L'hormone de floraison n'est pas l'auxine. S'il est vrai que la production d'auxine, et par suite l'allongement des axes, varie dans le même sens que la durée d'éclairement, la floraison se produit tantôt sur axes longs, tantôt sur axes courts. Bien des auteurs ont tenté d'élucider la nature de l'hormone de floraison en appliquant divers produits à des plantes de jours courts tenues en jours longs; ils ont échoué parce qu'ils agissaient dans des circonstances où l'hormone est non pas déficitaire mais inactivée. En employant une plante de jours longs, la Reine-Marguerite (1935-1937), tenue en déficit d'heures d'éclairement, j'ai obtenu la floraison à l'état de rosette courte par application de déhydrofolliculine.

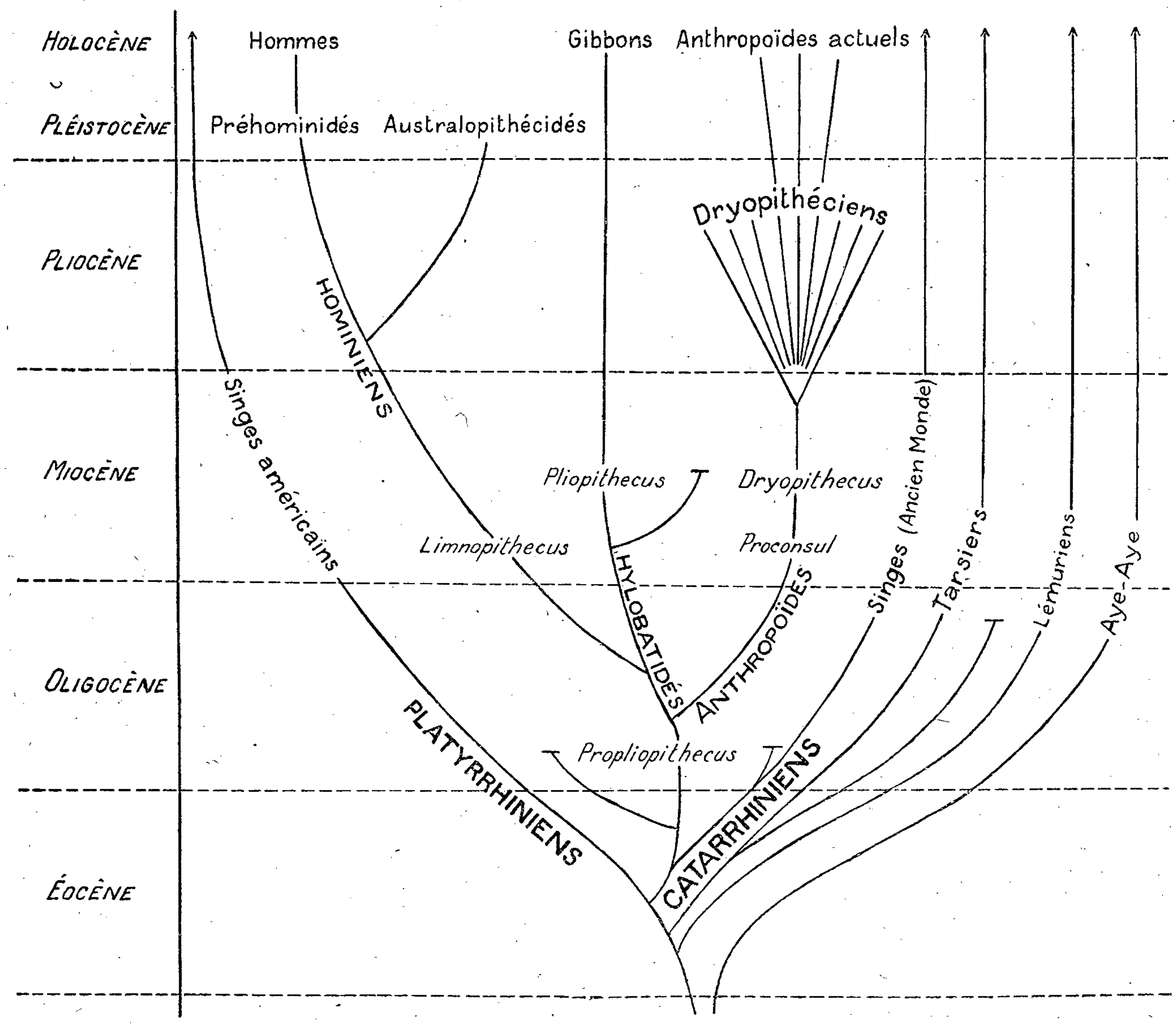
En conclusion, les faits, jusqu'ici disparates, impliqués dans les causes de la floraison, peuvent être reliés par une explication simple et cohérente. Elle fait intervenir deux facteurs, l'un trophique, l'autre hormonal, pouvant être chacun limitant. La création du facteur hormonal dépend de la durée d'éclairement, mais il peut être plus ou moins tenu à l'état inactif par la lumière et libéré à l'obscurité. Des différences quantitatives entre le taux de production et le taux d'inactivation de l'hormone suffisent à ramener au même processus les réactions apparemment contradictoires des plantes de jours courts et de jours longs. L'hormone de floraison est distincte de l'auxine; quelques faits laissent à penser qu'elle pourrait être de la famille de la folliculine.

Si cette synthèse permet d'expliquer aisément tous les faits connus, elle suggère beaucoup de conséquences nouvelles qui devront faire l'objet des expériences de l'avenir.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les affinités de quelques Anthropoïdes fossiles d'Afrique et leurs relations avec la lignée humaine.* Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Charles Jacob.

I. Deux tendances principales se manifestent parmi les paléontologistes que préoccupe l'origine de la lignée humaine. Les uns, avec Gaudry, Pilgrim, Grégory, Weinert, pensent que celle-ci s'est détachée tardivement, vers la fin du Tertiaire, d'un groupe primitif de Singes anthropoïdes dont le chef de file est le genre *Dryopithecus* et dont les nombreux représentants peuplaient l'Europe et l'Asie méridionale au cours du Miocène et du Pliocène. Les autres, avec Boule, Osborn, Weidenreich etc., estiment au contraire que la série humaine et la série anthropoïde se sont séparées beaucoup plus tôt; certains reculent même l'origine de la première jusqu'au début du Tertiaire. La première tendance, justifiée par les analogies bien connues qui rapprochent les Hommes des Anthropoïdes ainsi que par quelques caractères de la morphologie dentaire des formes fossiles, se heurte cependant à une objection grave :

c'est que tous les représentants du groupe Dryopithécien sont, dès leur apparition, nettement engagés déjà dans la voie conduisant aux Anthropoïdes modernes, trop spécialisés en un mot, pour pouvoir être considérés comme les ancêtres de la série humaine. La seconde tendance, ne s'appuyant sur aucun fait paléontologique positif, demeurait, il y a peu de temps encore, purement hypothétique. Mais, depuis quelques années, l'Afrique a livré une série de documents fossiles de nature à éclairer singulièrement ce problème. Ce sont




d'abord les restes infantiles d'*Australopithecus*, puis ceux des formes adultes du même groupe, *Plesianthropus* et *Paranthropus* découverts en Afrique australe et qui ont montré l'existence, au début du Quaternaire, d'un groupe d'êtres que leur développement cérébral et leur dentition humanoïde opposent à tous les Anthropoïdes vivants ou fossiles, et permettent de considérer, selon l'expression de Grégory et Hellmann, comme des « Singes devenus presque des Hommes ». S'il est impossible d'inscrire ces Australopithécidés dans l'ascendance humaine directe, en raison de ce qu'ils furent les contemporains des Préhominidés (Pithécanthrope, Sinanthrope et Africanthrope), on peut les considérer cependant comme les derniers représentants d'un groupe qui évolua

en Afrique depuis le Miocène inférieur et d'où dériva le rameau humain. Hopwood a en effet décrit, du Miocène inférieur du Kénya sous le nom générique de *Limnopithecus*, les restes d'un fossile dont l'importance me paraît avoir échappé jusqu'ici à l'attention des spécialistes. Il s'agit de fragments d'un maxillaire adulte et d'une mandibule munie de sa dentition de lait dont les caractères généraux et la taille rappellent ceux des Gibbons actuels; mais la dentition, surtout celle de la mandibule, est de type essentiellement humain. On sait qu'une différence fondamentale, qui correspond à deux régimes et deux modes de vie distincts, sépare la dentition mandibulaire des Anthropoïdes de celle des Hommes. Chez les premiers la partie coupante de la mâchoire se poursuit, en arrière de la canine, par la 1re prémolaire ou par la 1re dent de lait qui, toutes deux, sont formées essentiellement d'une cuspide principale élevée, comprimée, tranchante à son bord antérieur. Chez les seconds toutes les dents, en arrière de la canine, sont uniquement tuberculeuses; la 1re prémolaire ou la 1re dent de lait, en particulier, sont formées de 4 tubercules mousses, bien séparés et à peu près disposés en rectangle.

C'est à ce second type qu'appartient la dentition de *Limnopithecus*, comme celle de l'Australopithèque dont elle reproduit, à l'échelle près, tous les caractères. Son possesseur apparaît ainsi comme une forme ancestrale possible de ce dernier et l'on peut penser qu'au début du Miocène le rameau humain était détaché, selon le schéma ci-contre, de la branche conduisant de formes telles que *Propliopithecus* d'Egypte aux Gibbons actuels.

II. Cet ensemble de faits montre en outre que l'Afrique, centre principal d'origine et d'évolution des grandes faunes tertiaires et actuelles de l'Ancien Monde, a probablement aussi, et plutôt que l'Asie, contrairement à l'opinion courante, joué un rôle essentiel dans le développement paléontologique de l'Humanité.

La séance est levée à $15^h30^m$.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 12 avril 1942.)

Note de M. *Guy Littaye*, Sur la mesure de la tension superficielle des liquides par la méthode de vibration des jets :

Page 760, équation (1), *au lieu de* $\frac{\rho a^2 \lambda^2}{6 v^2}$, *lire* $\frac{4\pi^2 \rho a^3 v^2}{6\lambda^2}$.

Page 761, équation (2), *lire* $f = \frac{1}{2(n-1)b}\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^2$; ligne 11, en remontant, *au lieu de* R, 70,5 cm, *lire* 79,5 cm.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances d'avril 1943.

Que sais-je? *La chimie du cerveau,* par Paul Chauchard. Paris, Presses universitaires de France, 1943; 1 vol. $17^{cm},5$.

Secrétariat d'état à la production industrielle. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. *Microtectonique et tectonique profonde. Cristallisations et injections magmatiques syntectoniques,* par André Demay. Paris, Imprimerie nationale, 1942; 1 vol. $33^{cm}$.

Archives positivistes. *Auguste Comte. Système de philosophie positive. Préliminaires généraux et conclusions* (1830-1842), publié sous la direction de Paulo E. de Berredo Carneiro. Paris, Édition commémorative du Premier Centenaire de la publication du tome sixième et dernier du Cours de philosophie positive, 1942; 1 vol. $23^{cm}$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MAI 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une averse de météorites mentionnée dans la Bible.* Note de M. **JEAN BOSLER.**

On s'est souvent demandé quel avait bien pu être le phénomène objectif ayant donné naissance à ce qu'on est convenu d'appeler le *miracle de Josué*, l'arrêt apparent du Soleil dans sa marche diurne, au cours d'une bataille entre les Israélites et les Chananéens ([1]).

Il n'est que trop facile en pareil cas de traiter de légendes sans fondement des textes consacrés par une longue tradition : peut-être conviendrait-il tout au moins de les examiner d'un peu près.

Si nous nous reportons au passage en question de l'Écriture, nous voyons qu'il ne paraît pas y avoir eu nécessairement un arrêt effectif du Soleil sur la sphère céleste, ce qui eût impliqué une interruption de la rotation terrestre, mais plutôt une simple prolongation de la durée du jour, prolongation seule nécessaire à l'achèvement de la victoire de Josué. Flavius Josèphe ([2]), l'historien profane le plus ancien ayant traité de cette époque, ne parle d'ailleurs que d'une durée exceptionnelle du jour, sans faire aucune allusion à un arrêt quelconque du Soleil, et ce silence mérite d'être signalé.

Or la Bible nous dit expressément que peu auparavant (le jour même sans doute) une abondante grêle de grosses pierres s'abattit sur les Chananéens et fit parmi eux de nombreuses victimes. Il ne peut guère s'agir que d'une grêle de météorites ([3]), analogue par exemple à celle tombée à Pultusk en Pologne,

---

([1]) *Livre de Josué*, Chap. X, pp. 11-15.

([2]) *Histoire ancienne des Juifs*, Traduction J. A. C. Buchon, Paris, *Panthéon littéraire*, 1858, p. 111.

([3]) Certains commentateurs ont voulu voir là une *grêle*, au sens propre du mot, c'est-à-dire de grêlons. Mais le texte porte « une grêle de grosses pierres ». L'opinion ci-dessus, qui ne repose manifestement sur aucun fondement sérieux, vient probablement de l'ignorance où l'on était assez généralement jusqu'en ces derniers temps, de la réalité des averses de météorites.

le 30 janvier 1868, où plus de 100 000 pierres ont couvert toute une région de nombreux aérolithes dont la plupart des musées possèdent des échantillons. Mais ces chutes de pierres s'accompagnent parfois (et c'est là pour nous le point important) de *nuits claires*, c'est-à-dire d'une prolongation inaccoutumée de la durée du jour.

Ce fut le cas en particulier pour l'essaim de météorites tombé en Sibérie, le 30 juin 1908, essaim dont la chute, peu remarquée à l'époque, a été, à partir de 1927, l'objet de nombreuses enquêtes sur les lieux et auprès des témoins oculaires ([4]). Une aire considérable, de $40^{km}$ de diamètre, de la forêt sibérienne fut ainsi dévastée et criblée de cratères de diamètres variés pouvant aller jusqu'à $50^{m}$, tandis que les arbres étaient partout jetés à terre et incendiés par la cime. Le jour suivant, une *nuit claire* se produisit ([5]), en raison sans doute de la diffusion dans la haute atmosphère de poussières solides entraînées par l'essaim ([6]) ou soulevées par la catastrophe. Le phénomène fut si remarquable qu'on l'observa à peu près partout en Europe (en France, en Belgique, en Angleterre, en Allemagne, en Russie, etc.), *sans bien entendu en soupçonner la cause*, qui ne fut connue que vingt ans après. Les journaux scientifiques de cette année-là ([7]) suffisent à attester la sensation provoquée dans les milieux les plus divers par l'étrange durée du crépuscule constatée le soir du 30 juin 1908 et la nuit d'après.

Des phénomènes analogues s'étaient au surplus manifestés sur toute la Terre en 1883, lors de l'éruption volcanique du Krakatau, ainsi que dans d'autres cas semblables ([8]), et avaient été en Europe l'objet d'études importantes.

A la lumière des faits qui précèdent, nous croyons donc pouvoir conclure

---

([4]) Cette averse de météorites a donné lieu, depuis 1927 (date de la première expédition en vue d'en retrouver les traces), à beaucoup de publications. Nous nous bornerons à renvoyer au *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 56, 1930, p. 287 et 60, 1934, p. 505, articles de K. J. W. Whipple. Voir aussi, même Recueil, 60, p. 493, l'article de I. S. Astapowitsch. Et encore R. Bernson, *L'Astronomie*, 51, 1937, p. 42.

([5]) On ne peut attribuer cette luminosité anormale de l'atmosphère à une aurore boréale : il n'y eut ni scintillation, ni vagues lumineuses; il n'y eut surtout pas de perturbation magnétique, comme c'est *toujours* le cas pour les aurores boréales.

([6]) Un essaim de météorites, selon toute apparence, n'est autre chose qu'une petite comète. Il se pourrait fort bien, comme le suggère M. Whipple, que les poussières de la tête et de la queue se soient répandues, au moment du choc, dans la haute atmosphère (l'étude de la trajectoire de l'essaim est en tout cas d'accord avec cette hypothèse). Mais il est aussi possible que les poussières, venues du point de chute, aient été entraînées par les courants aériens de la stratosphère, comme lors de l'éruption du Krakatau.

([7]) *L'Astronomie*, 22, 1908, p. 375.

([8]) Notamment celui de l'éruption volcanique de l'île Julia dans la Méditerranée, près de Pantellaria, dans les premiers jours de juillet 1831 (G. Tissandier, *Comptes rendus*, 98, 1884, p. 317).

qu'il se pourrait fort bien que l'exceptionnelle durée du jour, lors de la bataille rapportée dans le livre de Josué, n'ait été que la conséquence directe de la chute de pierres météoriques survenue au même endroit peu de temps auparavant.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Constantin Levaditi, Pierre Lépine et Jean Verge. *Les Ultravirus des maladies animales*. En collaboration avec MM. Jacques Bailly, Lucien Balozet, Georges Blanc, Paul Bonét-Maury, Alfred Boquet, Jules Bridré, Georges Curasson, André Donatien, Ed. Dujardin-Beaumetz, G. M. Findlay, Pierre Goret, Pierre Grabar, Maurice Guérin, Marcel Guillot, Henri Jacotot, J. Lafforet, Félix Lestoquard, Jean Levaditi, Charles Oberling, André Paillot, A. Staub, Achille Urbain, Henri Velu, Jean Vieuchange (présenté par M. E. Leclainche).

M. **François Maignon** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait d'une subvention accordée snr la *Fondation Loutreuil* en 1942.

M. **Philippe Lasseur** adresse un rapport sur l'emploi qu'il a fait d'une subvention accordée sur la *Fondation Villemot-Carrière* en 1942.

HYDRAULIQUE. — *Fermeture d'une vanne papillon à la suite d'une rupture des organes de commande*. Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons précédemment [2] considéré le cas d'une vanne papillon, placée à l'extrémité aval d'une conduite de vidange et débitant librement dans l'atmosphère. Nous supposons aujourd'hui la vanne montée directement sur le barrage, de telle sorte que sa fermeture n'engendre pas de surpression.

Nous supposons donc la pression $y$ existant immédiatement en amont de la vanne constante et égale à $y_0$, cependant qu'à l'aval règne la pression atmosphérique, de telle sorte que le couple de fermeture C ne dépend que de la position de la vanne repérée par un certain angle $\theta$; on a

$$C = y_0 f(\theta), \tag{1}$$

la fonction $f(\theta)$ pouvant être déterminée par des essais sur modèles réduits [3].

---

[1] Séance du 28 avril 1943.

[2] *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 285.

[3] D. Gaden, *Schweizer Bauzeitung*, 21 et 28 mai, 4 juin 1938.

1° Pour déterminer la loi de fermeture de la vanne, on peut appliquer une méthode de calcul de proche en proche calquée sur celle qui a été indiquée dans notre précédente Note : le temps étant partagé en intervalles de durée arbitraire $\Delta t$, $\theta_{n-1}$, $\omega_{n-1}$ désignant les valeurs de $\theta$ et de la vitesse angulaire de la vanne $\omega = (d\theta/dt)$ au début du $n^{\text{ième}}$ de ces intervalles, $C_{n-1}$ la valeur correspondante de C calculée au moyen de la relation (1), I le moment d'inertie de la partie tournante de la vanne, libérée par la rupture des organes de commande, on a sensiblement

$$\Delta\omega = \frac{C_{n-1}}{I}\Delta t,$$

$$\omega_n = \omega_{n-1} + \Delta\omega,$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \left(\omega_{n-1} + \frac{\Delta\omega}{2}\right)\Delta t.$$

$\theta_n$, $\omega_n$ étant ainsi connus, et, par suite, $C_n$, on étudie de la même façon l'intervalle suivant, et ainsi de suite, de proche en proche.

On trouve, par cette méthode, avec $\Delta t = 0{,}015$ sec., une durée totale de fermeture $T = 0{,}2018$ sec., pour le cas particulier d'une vanne pour laquelle

$$\theta_0 = 30 \text{ degrés}, \qquad I = 283 \text{ kg/m}^2, \qquad y_0 = 30 \text{ m}.$$

La fermeture complète correspond à $\theta = \theta_f = 80$ degrés.

2° On peut également appliquer une méthode d'intégration graphique; on a, en effet,

$$C = y_0 f(\theta) = I\frac{d\omega}{dt} = I\frac{d\omega}{d\theta}\frac{d\theta}{dt} = I\omega\frac{d\omega}{d\theta},$$

ou

$$\frac{I\omega^2}{2} = y_0\int_{\theta_0}^{\theta} f(\theta)\,d\theta,$$

puisque pour $t = 0$ on a

$$\omega = 0, \qquad \theta = \theta_0.$$

Une série de mesures au planimètre donne alors les valeurs successives de $\omega$ en fonction de $\theta$. On en déduit la courbe

$$\omega(\theta) = \frac{d\theta}{dt}.$$

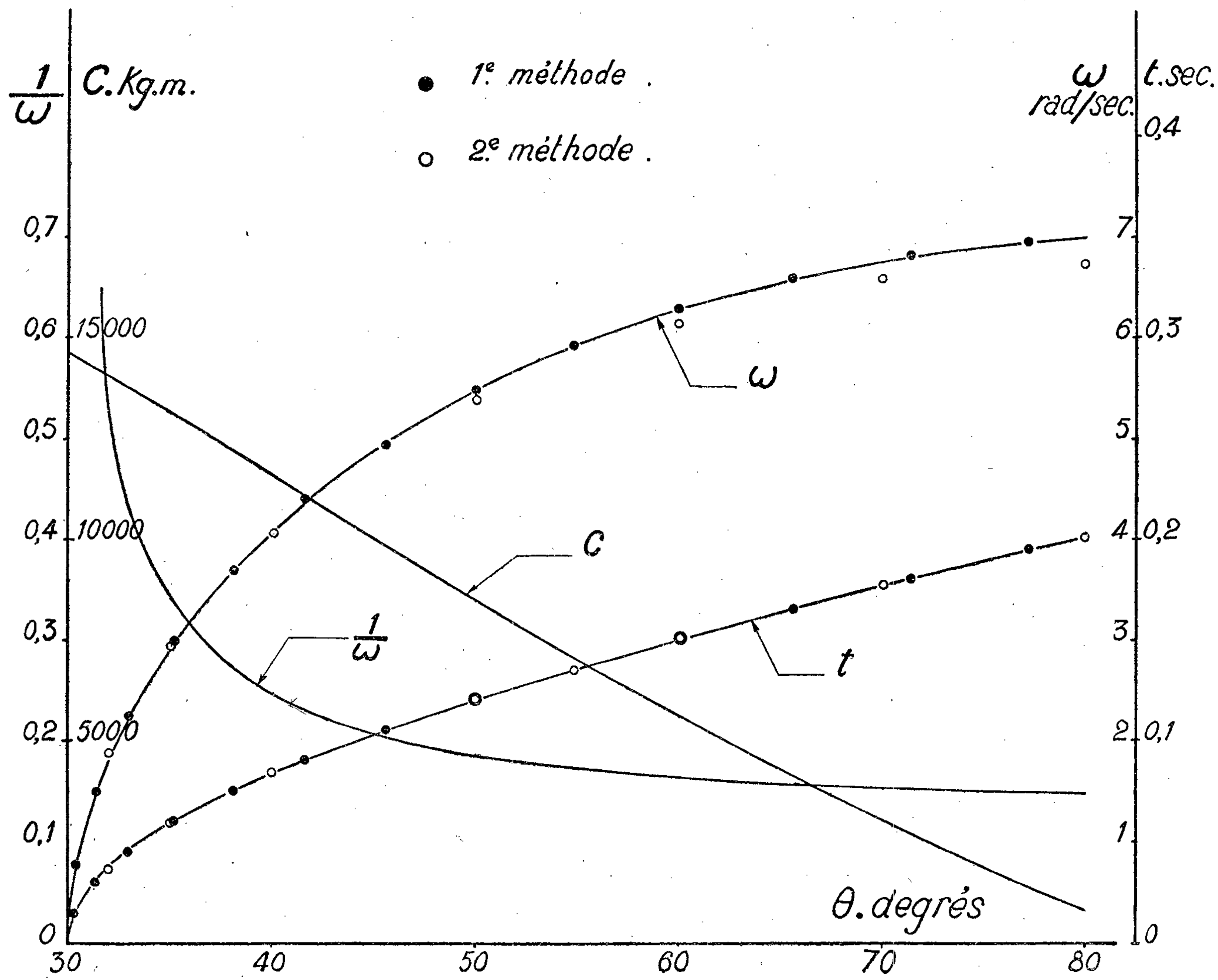
La relation

$$t = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta}{\omega(\theta)}$$

permet alors, par de nouvelles mesures planimétriques, la détermination des valeurs de $\theta$ en fonction du temps, c'est-à-dire de la loi de fermeture.

La figure montre l'application de cette méthode au cas particulier déjà examiné. On trouve, pour la durée totale de la fermeture complète, une valeur $T = 0{,}2029$ sec.

Une petite difficulté se présente, dans le calcul de $t$, du fait que, pour $\theta = \theta_0$, on a $(1/\omega) = \infty$, ce qui s'oppose à la mesure planimétrique de l'aire dans la portion initiale de la courbe, entre $\theta_0$ et une certaine valeur $\theta_1$. On évalue




facilement cette aire par le calcul, en admettant que, dans l'intervalle de $\theta_0$ à $\theta_1$, le couple C reste sensiblement constant : le mouvement du papillon est alors uniformément accéléré et l'aire correspondante a pour valeur

$$\sqrt{\frac{2I}{C}(\theta_1 - \theta_0)},$$

la valeur constante de C étant déterminée par la condition

$$\frac{1}{\omega_1} = \frac{1}{\sqrt{\frac{2C}{I}(\theta_1 - \theta_0)}},$$

$\omega_1$ désignant la valeur de $\omega$, pour $\theta = \theta_0$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la frange sombre cernant la calotte polaire australe de la planète Mars en 1939 et les phénomènes de contraste.* Note [1] de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. La bordure sombre qui paraît souvent entourer l'une ou l'autre des brillantes calottes polaires martiennes a donné lieu à deux interprétations : l'une considère cette frange comme un phénomène réel et particulièrement significatif du cycle saisonnier planétaire, l'autre n'y voit au contraire qu'une apparence illusoire provenant d'un effet de contraste subjectif dû à l'éclat contigu du Cap polaire [2].

II. A l'aide du réfracteur de $0^{m},20$ de l'observatoire du Houga, j'ai coté, en 1939, l'éclat des diverses régions martiennes dans une échelle définie et étudiée par ailleurs [3]. La relation approximative entre les cotes T et la brillance apparente $b$ est

$$T = 2{,}00 - 8 \log b, \tag{1}$$

si $b = 1$ est la brillance moyenne assez bien définie des zones continentales.

Les cotes ont été corrigées des effets de l'absorption et de l'agitation atmosphériques (*loc. cit.*, pp. 30 à 54).

III. Le tableau donne, avec la longitude héliocentrique $\eta$ et la largeur apparente de la frange, les cotes du Cap polaire Sud et de la frange sombre (erreurs moyennes $\pm 0{,}17$ et $\pm 0{,}25$ cote).

| Date 1939. | $\eta$. | Cap $T_1$. | Frange sombre $T_2$. | Frange sombre largeur. | Date 1939. | $\eta$. | Cap $T_1$. | Frange sombre $T_2$. | Frange sombre largeur. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mai 21... | 262 | 0,6 | 4,9 | L ou inv. | Août 9... | 309 | −0,2 | 8,0 | M |
| 23... | 263 | 0,3 | 4,6 | L, v | 10... | 310 | 0,8 | – | E |
| 27... | 265 | 0,4 | 7,1 | M | 18... | 315 | 0,1 | 8,0 | M |
| 31... | 268 | 0,8 | 4,2 | L, v | 25... | 319 | 0,1 | 8,7 | E |
| Juin 10... | 273 | 0,1 | – | Inv | 26... | 320 | −0,2 | 8,1 | E |
| Juill. 2... | 286 | 0,3 | 7,3 | E | 27... | 320 | 0,0 | 7,0 | E |
| 3... | 287 | −0,3 | 8,7 | E | 31... | 322 | 0,0 | 7,2 | E |
| 18... | 297 | −0,3 | – | E | Sept. 26... | 340 | 0,3 | – | Inv |
| 24... | 300 | 0,0 | 7,3 | E | 27... | 340 | 0,1 | – | Inv |
| 26... | 301 | 0,0 | – | E? | 29... | 342 | 0,5 | – | Inv |
| 27... | 302 | 0,1 | 6,2 | E | Oct. 2... | 344 | 0,1 | 5,1 | L, v |
| Août 7... | 308 | 0,0 | 7,6 | E | | | | | |

L, large; inv, invisible; v, vague; M, moyenne; E, étroite.

---

[1] Séance du 5 avril 1943.

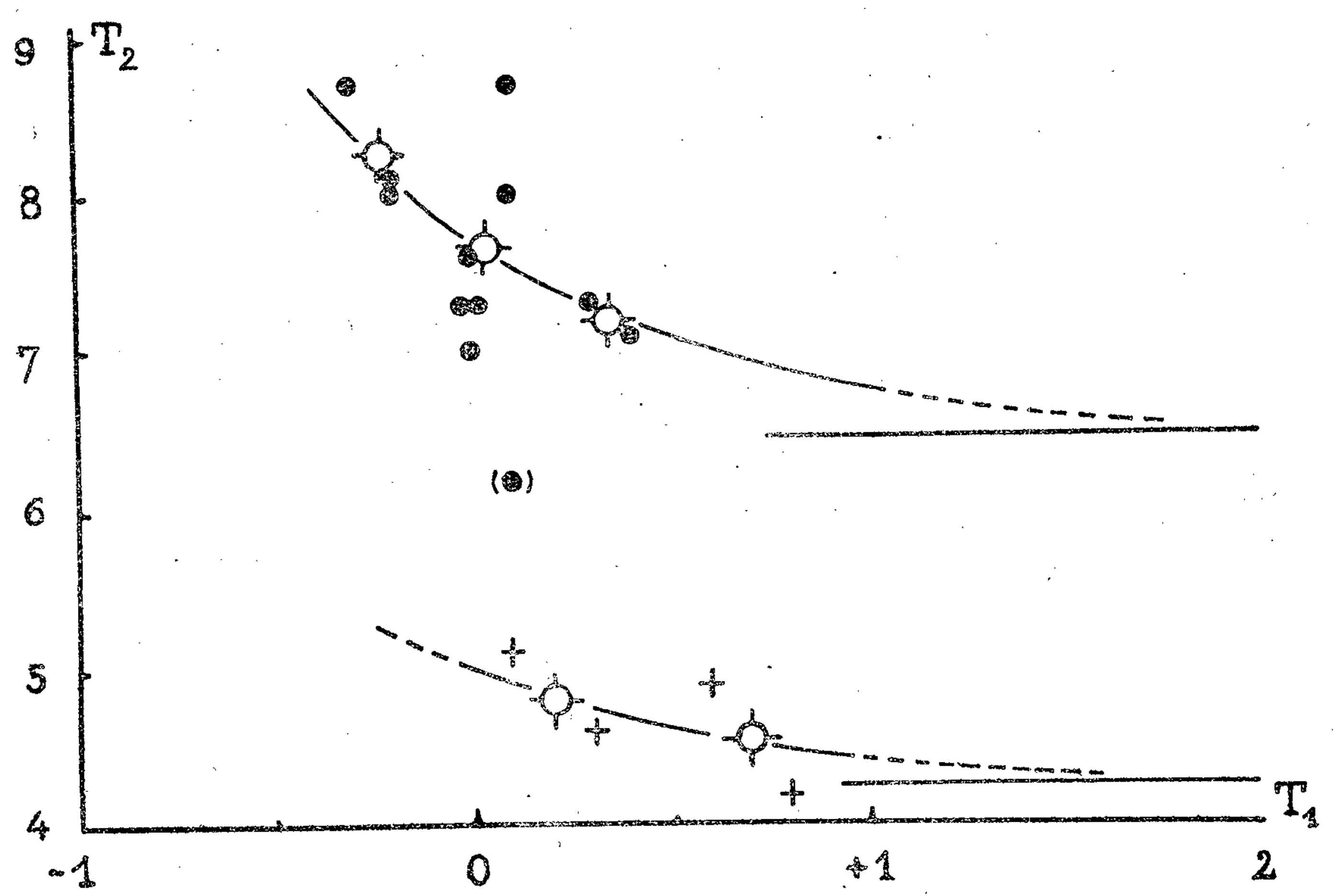
[2] G. Fournier, *Bull. Soc. Astr. France*, 53, 1939, p. 349; E. M. Antoniadi, *La planète Mars*, 1930, p. 38.

[3] *Annales Obs. Houga*, 1, I, 1942, pp. 18 à 29.

IV. Le diagramme de distribution $T_2 = f(T_1)$ montre que :

1° Les observations se répartissent en deux groupes :

*a*. Cotes $T_2 \leqq 5,1$. Ce groupe se rapporte à des aspects plus ou moins confus, larges de 5 à 10 degrés aérocentriques et relativement peu intenses.




*b*. Cotes $T_2 \geqq 7,0$. Les observations de ce groupe concernent une bordure très sombre, nette, et large de 3 ou 4 degrés seulement. La visibilité de cette frange est limitée au milieu du printemps austral ($\eta = 287\text{-}322°$).

L'existence, pour un même éclat de la calotte polaire, de ces deux groupes distincts, séparés par un intervalle vide de 2 cotes ([4]) et leur comportement caractéristique en fonction du temps, paraît déjà indiquer que la frange sombre étroite correspond à un phénomène planétaire réel.

2° Dans chaque groupe, la cote de la frange augmente nettement lorsque celle du Cap diminue : autrement dit, la frange sombre paraît, au moins statistiquement, d'autant plus sombre que l'éclat moyen de la calotte polaire est plus élevé, ce qui manifeste clairement la présence d'un effet de contraste. Les quelques points relatifs à la fausse frange et la connaissance de la cote limite, voisine de 4 ou 4,5, trouvée pour les mêmes régions après le retrait de la calotte polaire, permettent de tracer une courbe d'interpolation et de l'extrapoler sans grande erreur jusqu'aux cotes voisines de $T = 2$ pour lesquelles l'effet de contraste devient négligeable :

V. La cote vraie de la frange sombre ainsi dépouillée de l'effet de contraste est voisine de 6,5. Le fond normal des régions sur lesquelles la frange se

([4]) L'exception du 27 juillet n'est qu'apparente et due à un léger voile atmosphérique martien parfaitement caractérisé qui affaiblissait à ce moment une partie des régions sombres de l'hémisphère austral de la planète.

développe étant de cote 4,5 tout au plus, c'est donc un assombrissement réel de 2 cotes au moins qui doit être attribué à la frange sombre, la brillance apparente passant au moins, d'après la relation (1), de 0,49 à 0,27 environ. L'effet de contraste n'introduit qu'un assombrissement supplémentaire d'un peu plus d'une cote en moyenne, réduisant la brillance apparente à 0,20 environ.

Ces résultats montrent donc que la frange sombre des calottes polaires de Mars est un phénomène réel, mais exagéré par effet de contraste.

ÉLECTRICITÉ. — *Bobine démontable pour mesures magnétiques au pont alternatif.* Note de M. **Maurice Fallot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les bobines usuelles, à noyaux démontables réalisés par assemblage de tôles deux à deux, ont un entrefer variable, d'où une perméabilité apparente [1] mal définie; en outre, pendant le montage, les tôles subissent des efforts qui modifient leur état moléculaire, et le procédé est inapplicable à l'étude d'alliages à haute perméabilité, très sensibles aux déformations mécaniques.

Les bobines annulaires, enroulées manuellement ou mécaniquement, ne sont jamais exemptes de défauts, leur confection nécessite une technique délicate, et les résultats ne sont rigoureusement reproductibles qu'au prix de calculs assez compliqués.

Nous avons réalisé une bobine démontable permettant l'étude de noyaux en forme d'anneaux, qu'ils soient massifs, ou en rubans, en fils ou même en poudres comprimées. Le bobinage, en fil d'argent écroui, est constitué par 48 demi-spires mâles de $1^{mm},7$ de diamètre qui s'ajustent dans le même nombre de demi-spires femelles de $2^{mm}$ de diamètre extérieur. Le contact est assuré sur une longueur de $2^{mm}$. Chaque moitié du bobinage est complètement enrobée dans une galette cylindrique en matière isolante (plexiglas). L'assemblage et le démontage s'opèrent par simple translation grâce à des axes, solidaires des cylindres en plexiglas, constitués en laiton amagnétique, et coulissant l'un dans l'autre sans rotation possible. La longueur moyenne d'une spire est $45^{mm}$, et le diamètre moyen du tore théorique servant de support à l'enroulement est $50^{mm}$. L'ensemble a une hauteur de $60^{mm}$ et un diamètre de $100^{mm}$. Ce dispositif permet l'étude de tores à section rectangulaire de $40^{mm}$ de diamètre intérieur, $10^{mm}$ d'épaisseur et $11^{mm}$ de haut. Un blindage en fer électrolytique recouvert de cuivre, avec passages pour les amenées de courant et pour deux couples thermoélectriques, permet d'effectuer des mesures à températures variables, pratiquement de 0 à 40°C.

---

[1] La perméabilité apparente est définie par

$$\mu_{app} = \frac{\mu}{1 + \beta\mu} \quad \text{avec} \quad \beta = \frac{\text{longueur de l'entrefer}}{\text{longueur du circuit dans le fer}}.$$

Les caractéristiques de la bobine sans noyau, mais avec blindage, ont été mesurées en haute fréquence, de 4 à 7,5 mégacycles par M. Benoit; les résultats sont les suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Self vraie | 4,8 | μH |
| Capacité répartie | 18 | μF |
| Longueur d'onde propre | 17,5 | m |
| Résistance ohmique | 1,3 | Ω |
| Résistance ohmique en courant continu | 0,055 | Ω |

Ces résultats sont reproductibles après démontage, et ils n'ont pas varié après quatre mois d'utilisation.

Cette bobine a été employée pour des mesures au pont d'impédance de Hay (²) : deux bras opposés du pont sont constitués par deux résistances ohmiques fixes P et Q, l'impédance variable étant réalisée par une résistance et une capacité en série C. Les mesures sont faites *à induction sinusoïdale* dans le domaine de Lord Rayleigh, aux fréquences de 50 à 10000 périodes, l'annulation de la fréquence fondamentale étant observée au téléphone ou à l'oscillographe cathodique. Un voltmètre à lampe permet la lecture directe de la tension ou du courant efficace traversant la bobine. Ce montage permet une simplification du calcul de la perméabilité dynamique : celle-ci (rapport entre l'induction et le champ magnétisant) est en effet donnée, dans le cas général où l'hypothèse de Kapp est valable, par la formule de Bedeau (³)

$$\mu = A\frac{L}{\cos^2\alpha},$$

où A est une constante, L la self et $\alpha$ l'angle défini par

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{R}{L\omega};$$

or un calcul simple montre que, dans le cas de notre montage, on a directement

$$\mu = KC,$$

K étant une constante, d'ailleurs égale au produit de A par P. Q.

La mesure de la bobine démontable sans noyau a donné des résultats en bon accord avec les mesures directes en haute fréquence et en continu.

Jusqu'à présent cette bobine et ce dispositif de mesures ont été utilisés pour des études de ferronickels ayant subi des traitements thermiques variés, avec ou sans champ continu superposé, et à différentes températures.

---

(²) C.-E. HAY, *Elec. Rev.*, 67, 1910, pp. 965-966.

(³) F. BEDEAU, *Cours École Sup. Électr.*, (inédit),

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une solution de l'équation des télégraphistes.* Note [1] de M. **Hippolyte Parodi**, présentée par M. Albert Caquot.

Les conditions de fonctionnement d'une ligne de transmission sont définies par le système d'équations différentielles

$$\frac{\partial E}{\partial x}+rI+l\frac{dI}{dt}=0,\qquad \frac{\partial I}{\partial x}+gE+c\frac{dE}{dt}=0, \tag{1}$$

où E et I représentent respectivement la tension et l'intensité du courant en un point, $r$, $l$, $g$ et $c$ étant les paramètres de la ligne. On sait que l'élimination entre les équations précédentes de E ou I conduit pour ces fonctions à une même équation du second ordre, dite équation des télégraphistes.

Pour résoudre le système (1), posons

$$E=E_1+E_2+E_3+\ldots,\qquad I=I_1+I_2+I_3+\ldots. \tag{2}$$

Il vient

$$\left\{\begin{array}{l} 0=\dfrac{\partial E_1}{\partial x}+\dfrac{\partial E_2}{\partial x}+\dfrac{\partial E_3}{\partial x}+\dfrac{\partial E_4}{\partial x}+\ldots+\dfrac{\partial E_n}{\partial x}+\ldots \\ \qquad +rI_1+rI_2+rI_3+\ldots+rI_{n-1}+\ldots \\ \qquad +l\dfrac{\partial I_1}{\partial t}+l\dfrac{\partial I_2}{\partial t}+l\dfrac{\partial I_3}{\partial t}+\ldots+l\dfrac{\partial I_{n-1}}{\partial t}+\ldots, \\ 0=\dfrac{\partial I_1}{\partial x}+\dfrac{\partial I_2}{\partial x}+\dfrac{\partial I_3}{\partial x}+\dfrac{\partial I_4}{\partial x}+\ldots+\dfrac{\partial I_n}{\partial x}+\ldots, \\ \qquad gE_1+gE_2+gE_3+\ldots+gE_{n-1}+\ldots, \\ \qquad c\dfrac{\partial E_1}{\partial t}+c\dfrac{\partial E_2}{\partial t}+c\dfrac{\partial E_3}{\partial t}+\ldots+c\dfrac{\partial E_{n-1}}{\partial t}. \end{array}\right. \tag{3}$$

Écrivons que les sommes des termes que nous avons écrits sur une même ligne verticale sont séparément nulles. Nous aurons ainsi

$$\frac{\partial E_1}{\partial x}=0,\qquad E_1=E_1(t);\qquad \frac{\partial I_1}{\partial x}=0,\qquad I_1=I_1(t), \tag{4}$$

$E_1$ et $I_1$ étant deux fonctions arbitraires du temps. En poursuivant, il vient

$$\frac{\partial E_2}{\partial x}+rI_1+l\frac{\partial I_1}{\partial t}=0,\qquad E_2=-x(rI_1+lI'_1)=-x(lp+r)I_1,$$

$$\frac{\partial I_2}{\partial x}+gE_1+c\frac{\partial E_1}{\partial t}=0,\qquad I_2=-x(gE_1+cE'_1)=-x(cp+g)E_1,$$

en posant symboliquement $p=\partial/\partial t$. De même

$$\frac{\partial E_3}{\partial x}+rI_2+l\frac{\partial I_2}{\partial t}=0,\qquad \frac{\partial E_3}{\partial x}=-(lp+r)I_2=x(lp+r)(cp+g)E_1;$$

$$\frac{\partial I_3}{\partial x}+gE_2+c\frac{\partial E_2}{\partial t}=0,\qquad \frac{\partial I_3}{\partial x}=-(cp+g)E_2=x(lp+r)(cp+g)I_1,$$

---

[1] Séance du 28 avril 1943.

d'où

$$E_3 = \frac{x^2}{2!}(lp + r)(cp + g)E_1, \qquad I_3 = \frac{x^2}{2!}(lp + r)(cp + g)I_1,$$

et ainsi de suite.

D'une façon générale on a symboliquement

$$(5)\quad \begin{cases} E_{2n} \;= -\dfrac{x^{2n-1}}{(2n-1)!}(lp+r)^n(cp+g)^{n-1}I_1, & I_{2n} \;= -\dfrac{x^{2n-1}}{(2n-1)!}(lp+r)^{n-1}(cp+g)^n E_1, \\ E_{2n+1} = \dfrac{x^{2n}}{2n!}(lp+r)^n(cp+g)^n E_1, & I_{2n+1} = \dfrac{x^{2n}}{2n!}(lp+r)^n(cp+g)^n I_1. \end{cases}$$

Ainsi

$$(6)\quad \begin{cases} E = \begin{cases} E_1\left[1 + \dfrac{x^2}{2!}(lp+r)(cp+g) + \dfrac{x^4}{4!}(lp+r)^2(cp+g)^2 + \ldots\right] \\ -I_1\left[\dfrac{x}{1!}(lp+r) + \dfrac{x^3}{3!}(lp+r)^2(cp+g) + \ldots\right], \end{cases} \\ I = \begin{cases} I_1\left[1 + \dfrac{x^2}{2!}(lp+r)(cp+g) + \dfrac{x^4}{4!}(lp+r)^2(cp+g)^2 + \ldots\right] \\ -E_1\left[\dfrac{x}{1!}(cp+g) + \dfrac{x^3}{3!}(lp+r)(cp+g)^2 + \ldots\right]. \end{cases} \end{cases}$$

Ce qui peut se condenser dans les formules symboliques

$$(7)\quad \begin{cases} E = E_1 \operatorname{ch} x\sqrt{(lp+r)(cp+g)} - I_1\sqrt{\dfrac{lp+r}{cp+g}}\operatorname{sh} x\sqrt{(lp+r)(cp+g)}. \\ I = I_1 \operatorname{ch} x\sqrt{(lp+r)(cp+g)} - E_1\sqrt{\dfrac{cp+g}{lp+g}}\operatorname{sh} x\sqrt{(lp+r)(cp+g)}. \end{cases}$$

Dans le cas particulier, où l'on pose $E_1 = E_0 e^{\omega t}$, $I_1 = KE_0 e^{\omega t}$, il vient immédiatement

$$(8)\quad \begin{cases} E = E_0 e^{\omega t}\left[\operatorname{ch} x\sqrt{(l\omega+r)(l\omega+g)} - K\sqrt{\dfrac{l\omega+r}{c\omega+g}}\operatorname{sh} x\sqrt{(l\omega+r)(l\omega+g)}\right], \\ I = E_0 e^{\omega t}\left[K \operatorname{ch} x\sqrt{(l\omega+r)(l\omega+g)} - \sqrt{\dfrac{c\omega+g}{l\omega+r}}\operatorname{sh} x\sqrt{(l\omega+r)(l\omega+g)}\right], \end{cases}$$

en remarquant que l'opérateur $p$ doit être, ici, remplacé par $\omega$.

Si maintenant l'on suppose que $E_1$ et $I_1$ se présentent sous forme de fonctions sinusoïdales $E_1 = E_0 \sin \omega t$, $I_1 = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$, des calculs simples montrent qu'en posant $\operatorname{tang}\alpha = \dfrac{c\omega}{g}$, $\operatorname{tang}\beta = \dfrac{l\omega}{r}$, $\lambda = \sqrt{g^2 + c^2\omega^2}$, $\mu = \sqrt{r^2 + l^2\omega^2}$, on a

$$(9)\quad \begin{cases} E = \begin{cases} E_0\left[\sin\omega t + \dfrac{x^2}{2!}\lambda\mu\sin(\omega t + \alpha + \beta) + \dfrac{x^4}{4!}\lambda^2\mu^2\sin(\omega t + 2\alpha + 2\beta) + \ldots\right] \\ -I_0\left[x\mu\sin(\omega t + \varphi + \beta) + \dfrac{x^3}{3!}\mu^2\lambda\sin(\omega t + \varphi + 2\beta + \alpha) + \dfrac{x^5}{5!}\mu^3\lambda^2\sin(\omega t + \varphi + 3\beta + 2\alpha) + \ldots\right]; \end{cases} \\ I = \begin{cases} I_0\left[\sin(\omega t + \varphi) + \dfrac{x^2}{2!}\lambda\mu\sin(\omega t + \varphi + \alpha + \beta) + \dfrac{x^4}{4!}\lambda^2\mu^2\sin(\omega t + 2\alpha + 2\beta) + \ldots\right] \\ -E_0\left[x\lambda\sin(\omega t + \alpha) + \dfrac{x^3}{3!}\mu\lambda^2\sin(\omega t + 2\alpha + \beta) + \dfrac{x^5}{5!}\lambda^3\mu^2\sin(\omega t + 3\alpha + 2\beta) + \ldots\right]. \end{cases} \end{cases}$$

Il est à noter que ces développements se mettent sous la forme classique, en fonction des sinus et cosinus hyperboliques de la variable $x\sqrt{zy}$, quand on pose

$$Z = r + jl\omega \quad \text{et} \quad Y = g + jc\omega \quad (j = \sqrt{-1}).$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le caractère spontané et sur l'indifférence à l'action catalytique de l'oxygène de la polymérisation à très basse température de l'acétaldéhyde.* Note de MM. **Maurice Letort** et **Xavier Duval**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Nous avons montré (1) (2) que l'acétaldéhyde refroidi à très basse température donne rapidement naissance, dans certaines circonstances, à un polymère que nous considérerons, jusqu'à plus ample informé, comme un *polyacétaldéhyde*.

En particulier, ce polymère se forme au sein de l'acétaldéhyde maintenu pendant 2 heures environ à son point de fusion (— 123°,5). Bien qu'on puisse attendre que la contrainte chimique soit considérable à cette température, nous allons montrer que cette réaction est indépendante, suivant toute apparence, de l'influence de catalyseurs incidieusement présents.

Le mode opératoire employé dans ces expériences a été décrit (1) : il consiste à condenser lentement de l'acétaldéhyde gazeux à basse pression dans un vase à double paroi plongé dans l'oxygène liquide.

1° La formation de polyacétaldéhyde se fait aussi bien sur l'acétaldéhyde très pur que sur un produit brut souillé des impuretés qu'on y rencontre habituellement.

L'un de nous a obtenu ce polymère (2) sur un produit spectroscopiquement vide ayant fait l'objet d'une préparation particulièrement minutieuse (3); cet acétaldéhyde provenait de la dépolymérisation par $SO^4H^2$ concentré de paraldéhyde purifié (F 12°,5 C.) par cristallisations fractionnées, le produit de dépolymérisation étant lui-même rectifié par distillations fractionnées (É 20°,1 C. sous $757^{mm}$ Hg).

Mais la formation de polyacétaldéhyde reste apparemment la même quel que soit le produit de départ choisi parmi les échantillons suivants : acétaldéhyde commercial (Prolabo ou Merk) brut ou redistillé; acétaldéhyde commercial redistillé mélangé systématiquement d'eau, ou de paraldéhyde, ou d'acide acétique, ou de ces trois corps à la fois; acétaldéhyde (souillé de paraldéhyde) préparé par dépolymérisation de métaldéhyde pur ou commercial (cf. 3°).

---

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 58.

(2) M. Letort, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 767.

(3) M. Letort, *J. Chim. phys.*, 34, 1937, p. 275.

2° De même, rien ne permet de croire que la paroi des vases joue un rôle dans la formation du polymère. Elle se fait aussi bien dans le pyrex que dans le verre ordinaire, que les vases aient été lavés (mélange sulfochromique, eau distillée, vapeur d'eau) ou non. Nous avons expérimenté avec le même succès dans des vases dont la paroi interne était recouverte d'une pellicule : $CO^3Na^2$ déposé par évaporation d'une solution aqueuse, hydroquinone (antioxygène classique) déposée par évaporation d'une solution éthérée, mercure déposé par condensation de sa vapeur. Enfin, fait particulièrement démonstratif, le polymère se fait aussi bien sur la paroi du vase où se condensent les vapeurs aldéhydiques que sous la forme d'un noyau pratiquement sans contact avec la paroi suspendu à l'orifice du tube d'amenée de l'aldéhyde gazeux.

3° Nous avons montré (¹) que la polymérisation s'observe au contact de l'air. Il restait à savoir si l'oxygène, même à l'état de traces, est indispensable à la réaction. On sait, en effet, qu'on attribue à l'oxygène le rôle déterminant dans de nombreuses polymérisations. Or l'acétaldéhyde dissout des quantités notables d'air.

Nous éliminons l'air dissous soit en soumettant l'acétaldéhyde cristallisé à $-185°$ pendant plusieurs heures à un vide de $10^{-5}$ mm Hg, soit en l'évaporant lentement sous le même vide dans un vase à $-185°$. (Ce dernier procédé, analogue à notre méthode de préparation, n'en diffère que par la suppression du manchon intérieur au vase récepteur.) Ces traitements sont répétés quatre ou cinq fois, entre chaque opération l'aldéhyde étant amené à l'ébullition pour expulser l'air dissous. Le produit ainsi dégazé donne naissance au polyacétaldéhyde, sans différence sensible, que cette polymérisation soit faite sous $10^{-5}$ mm Hg ou en présence de quelques millimètres de mercure d'oxygène ou d'air.

Mais il était loisible de penser que ce dégazage n'est pas absolument efficace, l'aldéhyde solide pouvant éventuellement retenir par adsorption des traces d'air. Aussi avons-nous utilisé une troisième méthode qui consiste à préparer du métaldéhyde en traitant à 0° C. de l'acétaldéhyde pur par des traces de $NH^4Br$ et de HBr, à laver abondamment ces cristaux à l'eau, à les sécher, à les désorber sous $10^{-5}$ mm Hg à tiède, enfin à les dépolymériser vers 300° C. sous le même vide. On obtient ainsi de l'acétaldéhyde souillé de paraldéhyde, mais celui-ci est sans influence sur la formation de polyacétaldéhyde (cf. 1°) qui *n'a jamais été au contact de l'air*. Ce produit donne les mêmes résultats que précédemment. Il en est de même si l'on part de métaldéhyde commercial (qui peut éventuellement contenir des corps étrangers comme stabilisants).

*En résumé*, ces expériences démontrent avec une très grande probabilité que la formation de polyacétaldéhyde telle que nous l'avons observée à très basse température est indépendante, du moins qualitativement, de toute intervention catalytique.

Il semble que la formation spontanée de ce haut-polymère à $-124°$ soit

actuellement celle qui corresponde à la plus basse température qui ait été observée pour des phénomènes analogues. Sans doute l'isobutène donne-t-il naissance à de haut-polymères pour des températures de l'ordre de —100°, mais toujours en présence de quantités notables de catalyseurs ([4]).

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le mécanisme de formation d'une texture à direction privilégiée.* Note de M. **Raymond Jacquesson**, présentée par M. Charles Manguin.

Si l'on soumet un fil monocristallin d'aluminium à un nombre suffisant de torsions alternées, il apparaît sur une longueur de l'ordre de $2^{mm}$ une zone de plus faible résistance où se localise la torsion imposée au fil. Les déformations y deviennent considérables et de nature complexe. La texture cristalline devient fibreuse (type Polanyi) et la rupture se produit. Les cristallites tournent autour de leur axe 110 le plus voisin de l'axe du fil ([1]) d'angles pouvant atteindre $\pm 15°$. En dehors de cette région où la déformation a conservé son caractère hélicoïdal, on n'observe qu'une dispersion des cristallites, autour de leur position dans le cristal initial, sans trace de formation de structure fibreuse. Il apparaît ainsi que celle-ci est la conséquence des déplacements complexes subis par les cristallites dans la zone de grosse perturbation.

Ces phénomènes peuvent être expliqués à l'aide des conclusions de notre Note précédente ([2]) en les ramenant à des questions de déformations élastiques.

*a.* Attachons à un élément de volume $dv$ de métal, de centre O, situé à une distance $r$ de l'axe, un trièdre trirectangle $Oxyz$ ($Oy$, direction radiale; $Oz$, parallèle à l'axe du fil). Dans une déformation hélicoïdale, un point M de $dv$ a un déplacement de composantes ($\tau$, torsion unitaire)

$$u = -r\tau z, \qquad v = 0, \qquad w = 0,$$

et la particule subit une rotation de composantes

$$\rho_x = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}\right) = 0, \qquad \rho_y = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}\right) = -\frac{\tau z}{2}, \qquad \rho_z = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) = 0.$$

Cette particule tourne donc autour de $Oy$. Il en est de même de toutes celles qui sont centrées sur le même rayon. Dans l'ensemble d'une section droite, il ne peut exister d'axe de rotation commun à toutes les particules.

*b.* Dans la zone de rupture, la déformation perd son caractère hélicoïdal. Nous supposerons qu'un rayon O′B se transforme au cours des déformations alternées en une courbe O′B′. Un point O à une distance $r$ de l'axe subit un

---

([4]) R. M. Thomas, W. J. Sparks et Per K. Frolich, M. Otto et M. Müller-Cunradi, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 276.

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 331.

([2]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 235.

déplacement $\delta$, fonction de $r$ et du signe de la torsion $\tau$. Nous poserons $\delta = \tau f(r)$. Le déplacement du point M par rapport à O, dans le trièdre $Oxyz$, a maintenant pour composante ($dr = y$)

$$u = -r\tau z - rf'(r)y, \qquad v = 0, \qquad w = 0.$$

Ce qui donne pour composantes de la rotation de la particule

$$\rho_x = 0, \qquad \rho_y = -\frac{\tau z}{2}, \qquad \rho_z = \frac{\tau}{2} f'(r).$$

Du fait de $\rho_z \neq 0$, les particules subissent une rotation autour de leur axe $Oz$, parallèle à l'axe du fil qui prend ainsi les caractères d'une direction privilégiée.

Dans un solide élastique soumis à ce genre de déformation, les particules suivraient, dans leur déplacement, les variations de $\tau$. Dans les cristaux, elles vont rester calées dans les positions, où les a amenées la déformation imposée au fil, de sorte qu'elles vont se disperser progressivement autour de l'axe de rotation commun.

Ces mouvements internes sont accompagnés de dislocations cristallines. Celles-ci laissent intactes les surfaces ou directions cristallographiques qui, tout en offrant la plus grande cohésion, subissent les déformations minima. C'est en particulier le cas des lignes atomiques 110 de densité élevée qui sont les plus voisines de l'axe de rotation des particules et qui peuvent ainsi jouer le rôle d'axe privilégié.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De l'existence d'un complexe tanin-résine dans l'écorce, le liège et le cylindre central du* Sargentodoxa cuneata *Rehd. et Wils.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Au cours de son étude anatomique sur la famille des Lardizabalacées, G. Réaubourg [1] avait signalé, dans les diverses espèces du genre *Holbœllia*, la présence d'éléments sécréteurs tannifères à l'intérieur de l'écorce et de la moelle de la tige; ces organes présentent l'aspect de longs tubes dépourvus de cloisons. Mais à ce sujet l'auteur n'a donné aucune indication spéciale sur le *Sargentodoxa cuneata* Rehd. et Wils., démembrement du genre *Holbœllia*, désormais unique réprésentant de la famille des Sargentodoxacées.

L'examen microchimique des tiges de cette espèce nous révèle la présence de tubes tannifères localisés exclusivement dans le liber, où ils se montrent nombreux, fréquemment groupés en amas. Vus en coupe transversale, ces tubes apparaissent, le plus souvent, comprimés dans le sens tangentiel; leur plus grand diamètre atteint jusqu'à 100 μ. Le contenu de tous ces éléments tannifères prend une teinte orange sous l'action de l'hypochlorite de soude, réaction de l'acide ellagique; ce même contenu se colore en rouge vif par le

(1) *Thèse Doct. Un. Pharm.*, Paris, 1906, p. 3.

rouge Soudan III; le réactif de Bouchardat détermine la formation d'un précipité brun kermès à l'intérieur de ces tubes sécréteurs : l'acide ellagique s'y trouve donc associé à un composé résineux et à des protéides pour former un complexe insoluble dans l'eau et dans l'alcool.

D'autre part les réactifs appropriés révèlent la présence d'une association d'acide ellagique et de composés résineux à l'intérieur de nombreuses cellules parenchymateuses des rayons médullaires et de la moelle de la tige, ainsi que dans quelques constituants du phelloderme. Il en est de même dans la cavité de certaines cellules scléreuses, à parois épaisses et canaliculées, localisées au centre de la moelle, mais ici les réactions sont moins intenses que dans les tubes tannifères.

Enfin le liège, d'origine péricyclique, se fait remarquer par l'existence, à l'intérieur de tous ses éléments, d'un contenu qui présente à la fois les réactions de l'acide ellagique, des résines et des protéides. Ce contenu prend d'autre part une teinte rouge brique sous l'action du rouge Congo, réaction des mucilages cellulosiques. Ce dernier résultat nous permet de signaler ici un complexe analogue à celui que nous avons précédemment mis en évidence à l'intérieur des constituants du liège du *Drimys Winteri* Forst ([2]).

Il résulte de ces dernières observations que, chez certaines plantes, *les cellules du liège, au lieu de perdre leur contenu et de se remplir d'air, accumulent des substances de réserve et des produits de sécrétion, qui sont principalement des complexes tanin-résine, associés à des mucilages et à des protéides.*

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Les différences de pouvoir parasitaire du Pou de San José* (Quadraspidiotus perniciosus Comst. *Coccidea*), *selon les végétaux.* Note de M. **Pierre Nepveu**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le pouvoir parasitaire du *Quadraspidiotus perniciosus* Comst. à l'égard d'environ 200 espèces végétales vivaces, cultivées ou spontanées, a été étudié près de Cannes (A.-M.) dans la basse vallée de la Siagne.

Les observations ont été faites sur les végétaux trouvés contaminés dans la nature et complétées par des contaminations artificielles. Ces contaminations furent effectuées presque toujours avec de 1000 à 1500 larves néonates, les larves étant issues de femelles ayant évolué sur pêchers.

Au cours des deux ou trois jours suivant les contaminations, les néonates se fixent en grand nombre sur *toutes* les espèces ligneuses offertes. Les rares échecs constatés jusqu'à ce jour ne paraissent dus qu'à la nature coriace des téguments, particulièrement lisses, recouvrant certaines plantes comme les *Opuntia*.

Les relevés, réalisés en suivant avec soins le développement des larves, nous ont amené à effectuer un groupement des plantes selon un plan différent de

([2]) R. Lemesle, *Bull. Sc. Pharm.*, 49, 1942, p. 40.

celui présenté jusqu'à ce jour par les principaux auteurs ayant étudié le sujet à l'étranger : Marlatt et Kirichenko [1]. Au lieu d'établir, comme ces auteurs, des catégories de plantes bien tranchées, nous définissons trois catégories présentant une transition insensible entre elles. Celles-ci se caractérisent comme suit :

*Première catégorie.* — Elle groupe les plantes sur lesquelles le Pou de San José évolue jusqu'à l'âge adulte, avec une mortalité suffisamment faible, à chaque génération, pour que la population soit en progression ou au moins stable.

La pullulation, qui est plus ou moins forte selon l'espèce végétale examinée, est toujours suffisante pour maintenir l'endémicité du parasite. Parmi ces *plantes-hôtes* permanentes du Pou de San José, on peut compter, à côté des arbres fruitiers bien connus, *Citrus trifoliata* L., *Cornus sanguinea* L., *Cotoneaster pyracantha* Spach., *C. salicifolia* Fr., *Cratægus oxyacanthoides* Thuill., *Cytisus triflorus* l'Herit., *Ligustrum vulgare* L., etc. et à des degrés moindres les Cistes (*Cistus albidus* L., *C. monspeliensis* L., *C. salviæfolius* L.)

*Deuxième catégorie.* — Elle réunit les plantes sur lesquelles le Pou de San José évolue jusqu'à l'âge adulte, mais avec une mortalité considérable; la descendance des survivants est exposée à la même mortalité, si bien que la population s'éteint progressivement.

Des contaminations initiales très fortes, si elles provoquent la formation d'encroûtements larvaires, ne suffisent pas à assurer le maintien du parasite au delà de quelques générations. La population diminue et finit par disparaître, si aucun apport nouveau n'est fait. Ce cas est observé, après trois générations, sur *Cornus mas* L., *Ligustrum sinense* L., et divers *Salix* (*S. alba* L., et *S. purpurea* L.). Après deux générations, il apparaît sur *Tilia platyphilla* Scop., et *Calycotome spinosa* L. Après plus de deux ans, sur quelques cépages de *Vitis*, on constate l'extinction du parasite.

Le très faible pouvoir parasitaire, constaté ici, peut être cependant en relation avec une extension du régime de l'insecte sur des plantes particulières à notre flore.

*Troisième catégorie.* — Elle groupe les plantes sur lesquelles nous n'avons jamais trouvé, jusqu'ici, de femelles adultes, bien que parfois les mâles ne soient pas rares sur elles.

Ces plantes se placent juste après les types les moins favorables à l'insecte de la catégorie précédente et exigent, pour leur précision, la succession de nombreuses contaminations artificielles. Parmi elles se trouvent *Aesculus hippocastanum* L., *Jasminum grandiflorum* L., *J. nudiflorum* L., *Corylus avellana* L., *Diospyros kaki*, *Euphorbia cendroides* L., *E. spinosa* L., *Genista* sp.,

---

[1] *The San José Scale* (*U. S. Dep. Agr.*, n° 62, 1906); *Rev. Appl. Ent.*, 26, 1938, série A, p. 305.

*Laurus nobilis* L., *Pinus maritima* Poir., *P. halepensis* Mill., *Juniperus oxycedrus* L. A cette liste nous ajoutons les plantes qui sont rangées, en Amérique du Nord, par Marlatt parmi les plantes contaminables; telles sont : *Acacia citriformis* Hook., *A. dealbata* Link., *A. floribunda* Hort., *A. mirandœ* Hort., *A. petiolaris* Hort., *A. trinervis* Hort., quelques *Rubus*, le framboisier, et jusqu'à présent l'églantier et les rosiers. Toutefois les rosiers demandent une étude spéciale, à cause de leur grand nombre de races et de variétés horticoles.

En conclusion, l'étude du pouvoir parasitaire en France du Pou de San José, introduit récemment sur notre territoire ([2]), montre dès à présent que :

A côté des hôtes permanents de l'insecte, il existe d'autres plantes sur lesquelles le Pou de San José ne peut s'établir durablement, mais qui peuvent être considérées comme appartenant à une zone d'extension du régime de l'insecte; toutefois ces plantes peuvent éventuellement jouer un rôle dans la dissémination de l'insecte.

Certaines plantes, contaminées en Amérique du Nord, n'ont jamais été trouvées en France porteuses de femelles adultes.

PHARMACODYNAMIE. — *La diacétylation de la yohimbine et de la corynanthine modifie-t-elle l'action sympathicolytique de ces alcaloïdes?* Note ([1]) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Réalisée par A. Schomer ([2]) et par F. Mendlik ([3]), la diacétylation de la yohimbine a soulevé un important problème de pharmacodynamie qui n'a pas encore trouvé sa solution. Les effets sympathicolytiques de la yohimbine, que nous avons découverts en 1925 ([4]), sont-ils renforcés ou supprimés, ou bien au contraire ne sont-ils pas modifiés de façon marquée, quand on introduit dans la molécule de cet alcaloïde deux groupements acétylés qui viennent bloquer, l'un sa fonction amine secondaire, l'autre sa fonction alcoolique? Nos expériences nous ont permis de constater qu'en diacétylant la yohimbine ou son isomère la corynanthine, on n'altère pas très fortement le pouvoir sympathicolytique de celle-ci et surtout de celle-là, autant du moins qu'on le peut évaluer assez grossièrement en comparant les doses minimales qu'il faut employer de chacun de ces corps pour inverser une hypertension adrénalinique faible mais nette. Nous devons nous borner ici à n'en donner pour preuve que l'expérience qui a fourni les tracés ci-contre.

---

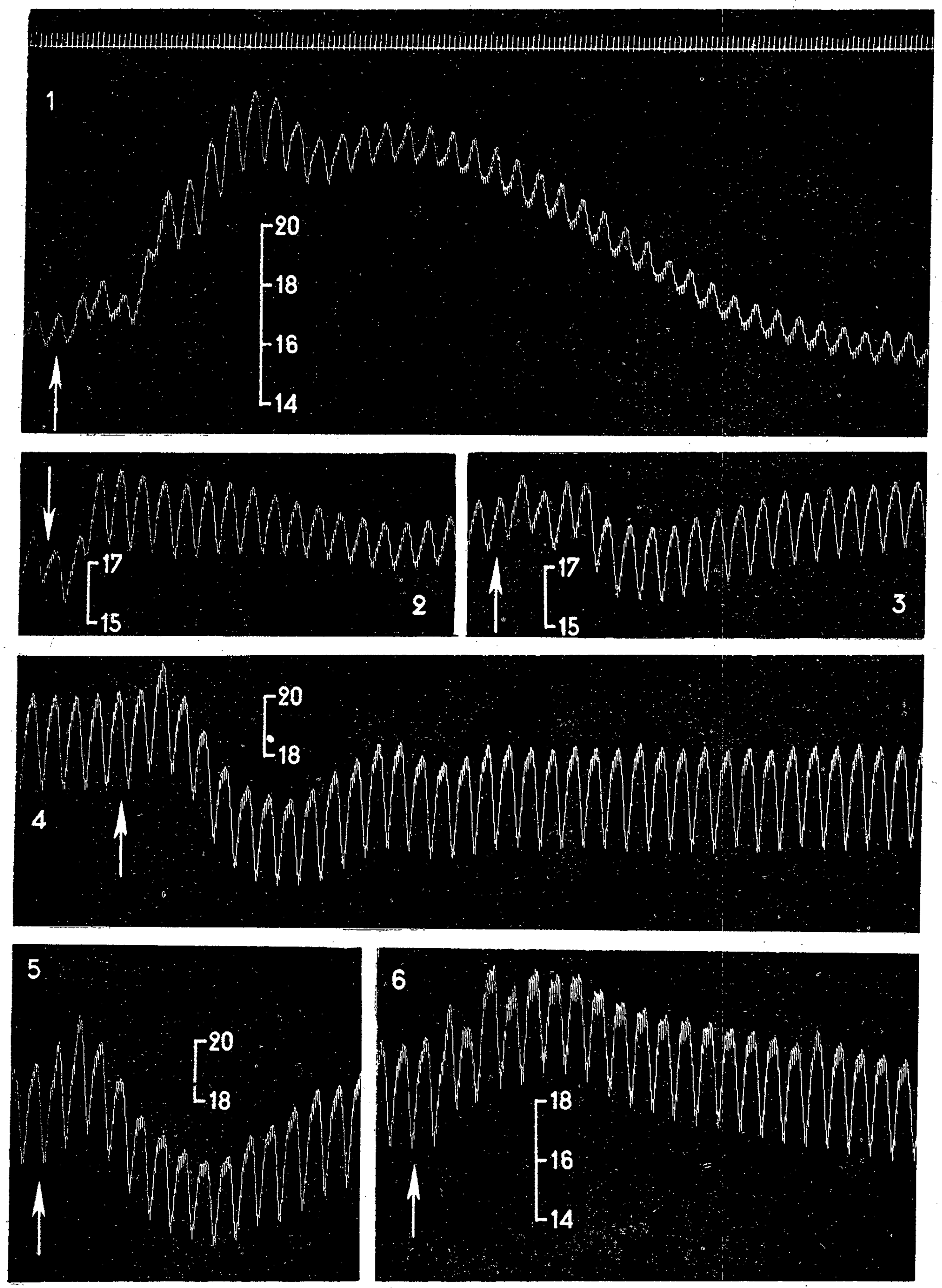
([2]) Trouvelot et Vezin, *C. R. Ac. Agr.*, 28, 1942, p. 44.

([1]) Séance du 28 avril 1943.

([2]) *Ber. d. Deutsch. pharm. Ges.*, 37, 1927, p. 517.

([3]) *Over de Structuur van Yohimbine*, Rotterdam, 1930, p. 604.

([4]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2074.




Chien ratier à poils ras de $8^{kg}$, anesthésié par le chloralose ($14^{cg}$ par kg), bivagotomisé au cou, et soumis à la respiration artificielle. $1^{re}$ ligne : temps en secondes. $2^{e}$, $3^{e}$ et $4^{e}$ lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté en 1, 2, 3 et 4 : $0^{mg},01$ ; en 5 : $0^{mg},05$ ; en 6 : $0^{mg},20$ d'adrénaline. L'animal a reçu, entre les tracés 1 et 2 : $1^{mg},6$ ; entre les tracés 2 et 3 : $3^{mg},2$ ; enfin entre les tracés 3 et 4 : $8^{mg}$ de chlorhydrate de diacétylyohimbine. Tracés réduits de 20 %.

Au début de cette expérience, nous avions pu constater qu'après l'injection intraveineuse de $0^{mg},01$ d'adrénaline, la pression carotidienne s'était élevée de 170 à $245^{mm}$ de Hg, soit de $75^{mm}$ de Hg, puis n'était revenue que lentement au voisinage de son niveau initial. Après administration de $0^{mg},2$ de chlorhydrate de diacétylyohimbine par kilogramme, l'adrénaline, à la même dose qu'auparavant, ne haussa plus la pression carotidienne que de 175 à $201^{mm}$ de Hg c'est-à-dire de $26^{mm}$ de Hg. Quand l'animal eut encore reçu $0^{mg},4$ de chlorhydrate de diacétylyohimbine par kilogramme, l'adrénaline, encore à la même dose, fit baisser la pression carotidiene de 193 à $183^{mm}$ de Hg, soit de $10^{mm}$ de Hg. Enfin quand le chien eut été soumis à une troisième injection de chlorhydrate de diacétylyohimbine, celle-ci de $1^{mg}$ par kilogramme, la pression carotidienne réagit à l'injection de la toujours même dose d'adrénaline par une chute de la pression carotidienne qui fit passer celle-ci de 200 à $165^{mm}$ de Hg et atteignit ainsi $35^{mm}$ de Hg. Une injection de $0^{mg},05$ d'adrénaline, pratiquée à ce moment, abaissa la pression carotidienne de 191 à $160^{mm}$ de Hg, c'est-à-dire de $31^{mm}$ de Hg, tandis qu'une dose quatre fois plus forte de la même amine ($0^{mg},20$) éleva cette pression de 204 à $228^{mm}$ de Hg, soit de $24^{mm}$ de Hg.

GÉNÉTIQUE. — *Action des rayons X sur la fréquence d'une* mutation *bactérienne*. Note de M. **Raymond Croland**, présentée par M. Charles Pérez.

A. Lwoff et A. Andureau ont montré que la Bactérie *Moraxella Lwoffi* var. *brevis*, cultivée sur milieu synthétique contenant comme aliment hydrocarboné de l'éthanol, est incapable d'utiliser immédiatement l'acide succinique comme seule source de carbone; elle peut cependant donner naissance, et sans intermédiaire, à une forme mutante $S^+$ possédant cette propriété. Voici rapidement rappelées les conclusions de leur travail [1] :

1° la transformation $S^- \rightarrow S^+$ se produit avec des couches $S^-$ obtenues à partir d'une seule bactérie;

2° toute culture de Bactéries $S^-$ contient une certaine proportion d'ailleurs très faible de Bactéries $S^+$. Le substrat acide succinique n'influence en rien le phénomène et sélectionne simplement le type $S^+$;

3° les Bactéries $S^+$ cultivées sur éthanol conservent pendant plus de trois mois la propriété d'utiliser immédiatement l'acide succinique. La transformation spontanée $S^+ \rightarrow S^-$ n'a pas été obtenue.

Je me suis proposé de rechercher si les rayons X, de même qu'ils augmentent la fréquence des mutations d'un grand nombre d'êtres vivants : animaux, végétaux et même protistes, seraient capables d'agir sur la fréquence de la transformation bien définie $S^- \rightarrow S^+$.

J'ai utilisé comme source de rayons X un tube scellé Philipps Metallix à anode de cuivre, alimenté sous 30 kV et débitant 10 mA.

La souche de *Moraxella* m'a été fournie par M. A. Lwoff.

---

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, 66, 1941, p. 417; 67, 1941, p. 94.

La suspension bactérienne dense ($10^9$ par $cm^3$) était contenue dans une cuve constituée par une lame de verre de $0^{cm},18$ d'épaisseur convenablement découpée au jet de sable et portant collée sur chacune de ses faces une lamelle de mica de $5.10^{-3}$ cm d'épaisseur. La face d'entrée de la cuve se trouvait à $5^{cm}$ du foyer du tube. A cette distance l'intensité du faisceau de rayons X, mesurée à l'aide d'une chambre d'ionisation du type décrit par A. Rogozinski (2), était de 26000 $r$/mn. La première lame de mica absorbant 42,5 % du rayonnement incident, on en déduit l'intensité tombant sur la première face de la suspension 15000 $r$/mn.

Les bactéries destinées à ces expériences furent cultivées à 28° sur milieu synthétique liquide à 0,04 % d'éthanol. La suspension dense obtenue, après centrifugation et lavage pour éliminer les dernières traces d'éthanol, était ensuite répartie dans les cuves et les tubes témoins, et ceux-ci plongés dans la glace fondante pour prévenir toute multiplication.

Après irradiation, la moitié du contenu de chaque tube était ensemencé en boîtes de Legroux, sur milieu solide synthétique contenant $1\,^0/_{00}$ de succinate de Na, pour compter les colonies mutantes. L'autre moitié, convenablement diluée, permettait d'obtenir le nombre total de bactéries vivantes par ensemencement et numération sur milieu gélosé peptoné.

La figure 1 représente le nombre absolu, rapporté à $10^8$ bactéries $S^-$ irradiées, de mutants $S^+$ obtenus dans une série d'expériences.

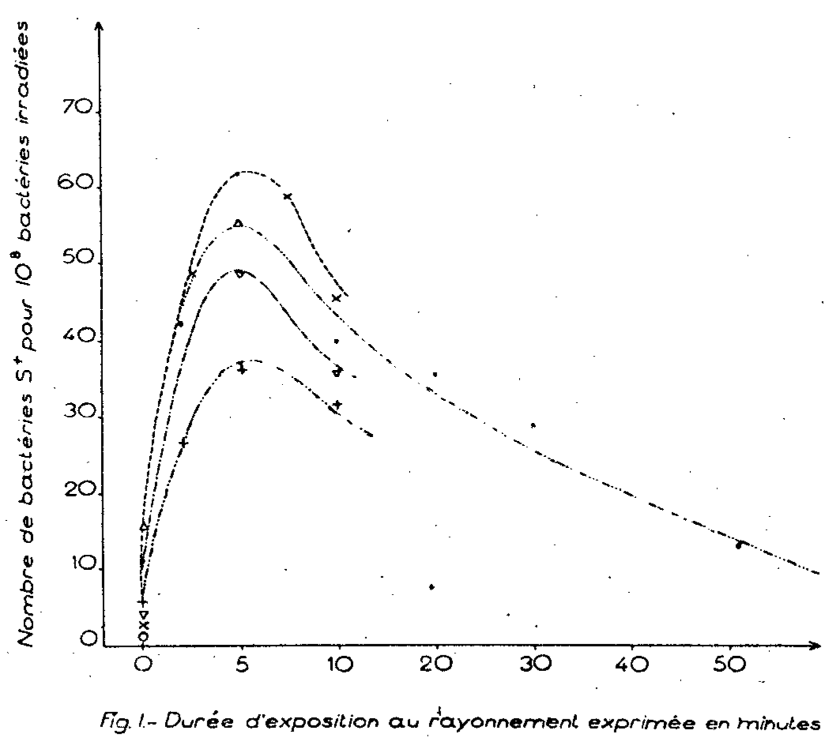



Fig. I. – Durée d'exposition au rayonnement exprimée en minutes

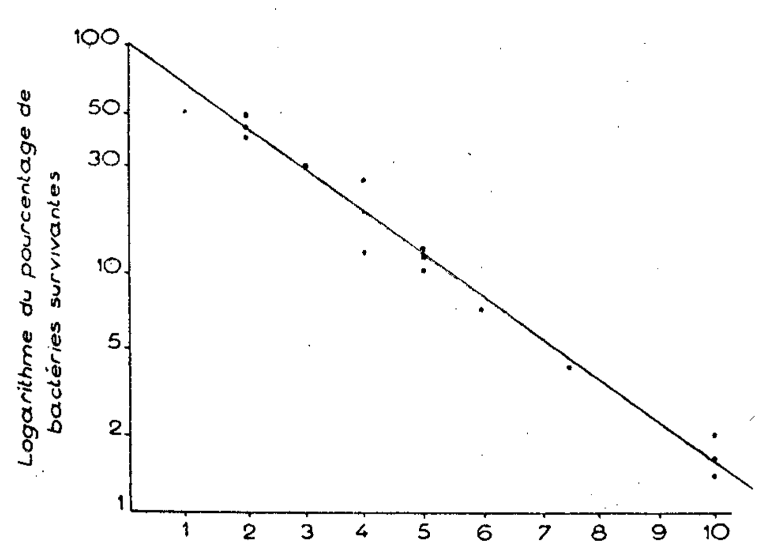



Fig. II. – Durée d'exposition en minutes

Bien que les points soient dispersés, il est néanmoins visible, comme on pouvait le prévoir, que le nombre absolu de mutants $S^+$ obtenus à partir d'un même nombre de bactéries $S^-$ passe par un maximum pour une certaine dose Dm de rayonnement. Ce maximum est 7 ou 8 fois plus grand que le nombre de mutants obtenus spontanément sans irradiation.

---

(2) *Journal de Radiologie et d'Électrologie*, **19**, 1935, p. 693.

Tel quel, ce résultat est significatif, mais, si l'on considère que pour la dose Dm, environ 90 % des bactéries sont tuées (*fig.* 2), on doit conclure à une action du rayonnement bien plus considérable. La fréquence des mutants passe en effet de $6.10^{-8}$ en moyenne pour la dose 0 à $5.10^{-6}$ environ pour la dose Dm. J'ai naturellement vérifié que le nombre de colonies mutantes obtenues sur milieu solide au succinate était une fonction croissante de la concentration de l'inoculat en bactéries vivantes.

Par ailleurs la solution de phosphate à 1 % de pH 7,0 utilisée pour mettre en suspension les bactéries, irradiée seule et ajoutée ensuite à une suspension de bactéries non irradiées, n'augmente en aucune façon la fréquence de mutation $S^- \rightarrow S^+$.

Il semble donc 1° que le rayonnement agisse directement sur les bactéries $S^-$ et augmente la fréquence de leur transformation en bactéries $S^+$, ce résultat qualitatif étant assuré avec une grande sécurité;

2° que la fréquence de la mutation soit fonction croissante de la dose de rayonnement absorbée. La dispersion statistique de mes chiffres, due certainement à l'agglomération des bactéries, toujours difficiles à remettre en suspension après centrifugation, et due peut-être à une sensibilité variable des différentes suspensions utilisées, ne me permet pas encore de préciser la forme de cette fonction.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nature acétylcholinique du choc anaphylactique et du choc provoqué par la gélose.* Note de M. **Daniel Danielopolu**, présentée par M. Charles Achard.

Le choc anaphylactique se caractérise par les phénomènes suivants : forte hypotension, inhibition du cœur, bronchoconstriction énergique, hypermotilité digestive, vésicale, leucopénie avec mononucléose et éosinophilie, hypocoagulabilité du sang, convulsions généralisées. Nous avons obtenu un choc identique en injectant dans les veines chez le lapin de $2000^g$ $1^{cg}$ d'acétylcholine et même moins. Un choc presque semblable est obtenu en injectant dans les veines de l'ésérine, qui agit par l'acétylcholine. Tant le choc anaphylactique, que le choc ésérinique sont empêchés par une injection intraveineuse préalable d'une grande dose d'atropine sulfurique.

Bordet a démontré que l'injection intraveineuse chez le cobaye neuf d'une suspension de gélose dans l'eau physiologique provoque *in vivo* de l'anaphylatoxine, qui est tirée de l'alexine par un phénomène d'adsorption. L'injection produit un choc que l'auteur considère comme anaphylactique. Nous avons répété les recherches de Bordet et avons constaté que la gélose produit un choc semblable au choc anaphylactique et que ce choc est favorisé par l'ésérine et empêché par l'atropine.

Nous préparons à chaud la suspension de gélose à 0,50 % selon la technique de Bordet. Nos recherches ont été faites sur des lapins de 1950 à 2050$^{g}$. Toutes les injections ont été pratiquées dans la veine. Pour les lapins de ce poids, les doses de suspension gélosée de 1,2 et 3$^{cm^3}$ injectées dans les veines ne produisent pas de choc évident. Avec la dose de 6$^{cm^3}$, on provoque un choc typique mortel en 2 à 4 minutes. Après 0$^{mg}$,5 d'ésérine injectée dans la veine, la dose de 2$^{cm^3}$ provoque un choc typique, mais transitoire. Chez les témoins non ésérinés, la dose de 2$^{cm^3}$ ne produit rien. Après 0$^{mg}$,05 d'ésérine, la dose de 3$^{cm^3}$ produit un choc typique mais transitoire. Après 0$^{mg}$,5 d'ésérine, l'injection intraveineuse de 3$^{cm^3}$ provoque un choc mortel en 2 à 4 minutes. Chez les témoins non ésérinés, la dose de 3$^{cm^3}$ ne produit rien.

Après 5$^{cg}$ d'atropine injectée dans la veine, la dose de 6$^{cm^3}$ ne produit plus rien. Chez le témoin non atropinisé, la même dose de 6$^{cm^3}$ produit un choc mortel.

Ces recherches nous conduisent à croire que le choc anaphylactique, ainsi que le choc provoqué par la gélose, est *un choc acétylcholinique*. L'ésérine agit en empêchant l'inactivation de l'acétylcholine qui s'accumule dans les tissus et l'atropine empêche l'action de l'acétylcholine. Le choc anaphylactique n'a rien à faire avec le choc histaminique. Ce dernier est accompagné d'une hypercoagulabilité du sang et n'est pas empêché par l'atropine (Doerr, Martrou).

Nous savons, depuis l'observation de Salomonson et Madsen faite en 1898, que les substances qui agissent surtout dans le sens parasympathique augmentent la production d'anticorps, et depuis les recherches de John Auer de 1912 que l'atropine les empêche. Nous croyons que les anticorps sont strictement liés à l'acétylcholine; l'*anticorps-choline* possède une fonction spécifique (l'anticorps) et une fonction non spécifique (la choline). Lors de l'injection déchaînante, l'anticorps, l'antigène et l'alexine s'unissent en formant le complexe immunisant ou phylactique et *la choline se détache sous forme d'acétylcholine active qui provoque le choc appelé anaphylactique*.

Ainsi donc, le choc anaphylactique est un phénomène produit *à côté* de l'immunité. Il ne démontre pas un phénomène d'hypersensibilité. Il est plus logique de l'appeler *choc paraphylactique*.

Antigène + anticorps choline + alexine = antigène-anticorps-choline (*complexe phylactique*) + acétylcholine active (*choc paraphylactique*).

Nous rappelons que, dès leurs premières recherches de 1902, Portier et Richet ont attiré l'attention sur le fait que n'importe quel serait l'antigène, le choc est identique et que Bordet a insisté sur le fait que l'anaphylaxie n'est pas le contraire du phénomène d'immunité, mais un accident de ce phénomène. Par contre M. Nicolle, M. Arthus, Friedberger considèrent l'anaphylaxie et l'immunité comme deux états biologiques tout à fait distincts et opposés.

Si notre hypothèse est exacte, il faut admettre que l'organisme ne réagit que par des anticorps immunisants, le choc appelé anaphylactique prenant naissance en réalité au moment de la production d'un phénomène d'immunité et non pas d'anaphylaxie.

A $16^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h$.

L. B.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 10 MAI 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Léon Guillet** dépose sur le bureau un Ouvrage de **Claude Bernard** intitulé : *Arthur de Bretagne*, drame en cinq actes et en prose avec un chant, deuxième édition publiée par M. Jean-Marie Le Goff.

### *Notice sur la vie et l'œuvre de* Thomas Hunt Morgan, par M. **Maurice Caullery**.

La radiodiffusion a annoncé, il y a quelques semaines, le décès survenu à Pasadena (Californie), au début de 1943, de notre Confrère **Thomas Hunt Morgan**, Associé étranger de l'Académie. Avec lui disparaît une des grandes figures de la Science américaine et de la Biologie contemporaine.

T. H. Morgan était né à Lexington (Kentucky), le 25 septembre 1866, au lendemain de la guerre de sécession, et, comme me le faisait remarquer un de ses amis, il y avait en lui quelque reflet du grand dynamisme qui avait animé les États du Sud et s'était manifesté dans la propre famille de Morgan. Sa carrière universitaire et scientifique avait commencé au collège féminin de Bryn-Mawr, dans le sillage de son aîné E. B. Wilson (qui a, lui aussi, été un de nos Associés étrangers) et de H. F. Osborn (qui a été un de nos Correspondants). L'influence de ce dernier amena Wilson et Morgan à Columbia University à New-York, où s'est déroulée brillamment la phase principale de la carrière de Morgan, qui s'est achevée dans une institution nouvelle, l'Institut Technologique de Pasadena (Californie). En marge de ces trois établissements, il convient de ne pas oublier le Laboratoire de biologie maritime de Wood's Hole (Massachusetts), où Morgan passait toutes ses vacances, comme beaucoup d'autres biologistes américains, et où, comme nombre d'entre eux, il avait sa maison particulière. Il a été l'un des animateurs principaux de ce centre de recherches si vivant.

Dans la perspective actuelle, Morgan se présente avant tout comme le pionnier de la Génétique, fondée sur l'étude expérimentale de la Mouche du

vinaigre, *Drosophila melanogaster*. S'il n'a pas été le premier à utiliser celle-ci comme objet de recherche, il a donné à son étude une ampleur méthodique sans équivalent. Avec une équipe de jeunes collaborateurs, qui ont tous apporté à l'œuvre commune des contributions de premier ordre, C. B. Bridges, A. H. Sturtevant, H. J. Muller, il a réalisé, à partir de 1910, dans l'histoire de la Génétique, et l'étude générale de l'Hérédité, une ère nouvelle, en utilisant de façon merveilleuse les exceptionnelles qualités de la Drosophile pour ces immenses problèmes : facilité d'élevage et de reproduction, nombres très élevés de descendants d'un même couple, rapidité de succession des générations, nombre considérable des variations héréditaires (mutations), qu'il a su y distinguer (plus de 400). En une quinzaine d'années, Morgan et ses collaborateurs ont ainsi créé et mis en œuvre un matériel immense, équivalant, dans le temps, à de très nombreux siècles d'humanité; il a enregistré et ordonné un nombre de faits sans parallèle et, sur cette base, édifié une doctrine cohérente et féconde, *la théorie chromosomique de l'hérédité*. Elle rattache directement les particularités de l'hérédité à des unités définies, les *gènes*, disposées en des points déterminés, sur les chromosomes du noyau. Cette théorie permet des prévisions méthodiques vérifiables, qualitativement et quantitativement. La Drosophile et les méthodes de Morgan ont, depuis trente ans, fait le tour du monde et aujourd'hui, dans tous les laboratoires biologiques, la Mouche du vinaigre est l'objet d'expériences multiples, qui ont apporté aux résultats énoncés par Morgan des confirmations répétées et complètes. Cet énorme travail, où l'on ne saurait trop admirer la ténacité, la méthode, la pénétration dans l'observation, l'ampleur dans l'exécution, la simplicité de la technique, s'est traduit par de très nombreuses et importantes publications partielles et par des ouvrages synthétiques novateurs, qui sont maintenant dans toutes les mains : *Heredity and Sex* (1914), *The mechanism of mendelian heredity* (1915) (1); *The physical basis of heredity* (1919); *The genetics of Drosophila* (1925), ce dernier Ouvrage résume l'ensemble de la documentation obtenue; *The theory of the gene* (1926). Les travaux de Morgan, sur l'hérédité chez la Drosophile, ont eu les considérations les plus éminentes. La Société Royale de Londres a demandé à l'auteur de les exposer dans une *Croonian Lecture* (1922) et il a reçu pour eux le prix Nobel (1933).

Mais cela ne représente qu'une partie restreinte dans l'ensemble de l'œuvre zoologique de Morgan, qui a porté sur une foule d'autres sujets, où il a fourni également des résultats et contributions de premier ordre. Citons d'abord, en particulier et en rapport, à certains égards, avec ses travaux de Génétique, la jolie expérience de castration du Coq Sebright, qui, de façon paradoxale au premier abord, rend à l'animal castré les caractères spéciaux du mâle, masqués, dans cette race, chez l'animal entier. Cette expérience s'est montrée très suggestive dans l'étude des hormones chez les Oiseaux.

(1) Traduit en français, sur la 2e édition (1923), par MAURICE HERLANT (Bruxelles, 1923).

Morgan avait touché, à partir de 1888, aux parties les plus diverses de la Zoologie, apportant toujours des résultats et des vues de grand intérêt. Parmi ses premières recherches, il convient de rappeler celles sur l'embryogénie de nombreux Invertébrés (en particulier des Entéropneustes) et des Vertébrés (Poissons, Batraciens). Ces recherches ont été rapidement portées sur le terrain expérimental, où Morgan s'est placé au premier plan, par de belles expériences sur les Echinodermes, les Cténophores etc. Là aussi, à côté de nombreux Mémoires spéciaux, il a réalisé des Ouvrages de synthèse : un petit livre, remarquable pour l'époque, sur le développement de la Grenouille, *The development of the frog's egg* (1897), *An introduction to experimental embryology* (1897) et surtout son beau livre *Experimental embryology* (1927).

Vers 1897, sa curiosité est attirée par les problèmes de la régénération, qu'il étudie sur les animaux les plus variés, depuis les Infusoires (*Stentor*) jusqu'aux Batraciens, en passant par les Cœlentérés (Tubulaires), les Planaires, les Vers de terre, les Crustacés, les Poissons. Là encore de nombreux Mémoires apportent des résultats particuliers de haut intérêt, qui sont à la base d'un livre synthétique, *Regeneration* (1901).

D'autres problèmes le sollicitent, à l'étude desquels il avait associé ses élèves de Bryn Mawr, comme celui de la polarité dans l'organisme et une série d'autres questions qui l'amènent également à une synthèse, *Experimental zoology* (1907).

L'étude du déterminisme du sexe lui a fourni aussi d'importants objets de travail, notamment chez les Insectes, comme le Phylloxera du Chêne.

Je ne puis, dans le cadre de cette Notice, suivre Morgan dans le détail de ses travaux et publications.

J'ai voulu seulement marquer son exceptionnelle activité, la diversité considérable de ses recherches et sa virtuosité à en tirer des ouvrages synthétiques. Citons encore à cet égard ses autres livres : *A critique of the theory of Evolution* (1916), *The scientific basis of Evolution* (1922), *Embryology and Genetics* (1934) (2).

La puissante vitalité de sa personne se révélait, dès les premiers contacts, avec un rayonnement sympathique. Aussi Morgan a-t-il eu, au cours de sa carrière, de nombreux élèves et collaborateurs. Il accueillait très aimablement les étrangers que sa réputation avait attirés. Son dernier laboratoire, à Pasadena, a été ainsi très fréquenté. Je garde, pour ma part, le plus agréable souvenir des contacts que j'ai eus avec lui, à New-York, en 1916. Sa femme, Mme L. V. Morgan, une de ses anciennes élèves de Bryn-Mawr, suivait avec beaucoup d'intérêt et de compréhension toutes ses recherches et on lui doit d'ailleurs, sur la génétique de la Drosophile, de très jolies contributions. L'Académie s'associera sans nul doute aux regrets et à la sympathie que je lui exprime pour la disparition du grand et aimable savant qu'était son mari.

---

(2) Traduit en français, par Jean Rostand (coll. *L'Avenir de la Science*, 1936).

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie d'un livre qui vient de paraître dans la Collection de *Philosophie scientifique* (Flammarion, Éditeur), sur *Les Grands Problèmes de la Métallurgie*, et dans lequel il a fait ressortir le rôle capital de la France dans l'évolution de cette industrie.

Il tient, aux heures que nous vivons, à rappeler ces grandes dates à l'Académie.

Sans remonter jusque vers la fin du xi$^e$ siècle, où les Pères Chartreux ont eu une influence extrêmement marquée sur la métallurgie du fer, dans la région du Dauphiné, puis, ensuite, dans d'autres régions où ils ont essaimé, il faut signaler que c'est aux Usines du Creusot que fonctionna le premier haut-fourneau au coke; que le procédé de fabrication de l'acier Martin a eu comme principe des expériences faites par Louis Le Chatelier, père de notre regretté Confrère, et a été mis au point à Sireuil (Charente) par les frères Martin; que le procédé Martin basique est l'œuvre de deux métallurgistes français Pourcel et Valrand; que la naissance du four à arc est due à Clerc, Ingénieur des Arts et Manufactures, et Moissan, et que les types industriels de Héroult, Girod et Chaplet, le premier étant de beaucoup le plus répandu de tous les fours électriques à arc, sont essentiellement français, et qu'enfin le dernier perfectionnement apporté à la métallurgie de l'acier est le procédé Ugine-Perrin découvert et mis au point aux Usines d'Ugine, dans la Savoie.

En métallurgies autres que la sidérurgie, il faut noter que le procédé moderne de la métallurgie du cuivre est dû à deux Ingénieurs français, Manhès et David, ce dernier Ingénieur des Arts et Manufactures, qui ont été les premiers à étudier le convertisseur dans l'Usine d'Eguille, près d'Avignon (1880); que le procédé thermique de la Métallurgie du zinc a été découvert par l'abbé Dony, à Liége, alors qu'elle était ville française (1804); que la métallurgie du nickel, à la suite de la découverte du gisement calédonien, a été une métallurgie essentiellement française, basée tout d'abord sur la réduction de la garniérite par le carbone, en présence de chaux, et qui s'est transformée finalement en un procédé consistant en l'obtention d'une matte, sa conversion partielle et le traitement du sulfure obtenu.

Quant à la métallurgie de l'aluminium, chacun sait qu'elle est née dans un laboratoire de l'École Normale Supérieure en 1854, avec Henri Sainte-Claire Deville; qu'elle s'est développée en France, où les gisements de bauxite sont importants; que la méthode d'électrolyse (1886) est due à Héroult et qu'elle est, actuellement, la seule méthode réellement utilisée pour la fabrication de ce métal.

Le magnésium fut découvert par Bussy (1829) et présenté alors à l'Académie des Sciences; mais ce n'est qu'en 1886 qu'on le fabriqua industriellement par la méthode de Sainte-Claire Deville et Caron.

Le glucinium, qui fournit des applications importantes, a donné lieu à des

recherches qui ont abouti à des procédés industriels dus en partie à notre Confrère M. Lebeau.

La part prise par la France dans les recherches sur la constitution et les traitements des produits métallurgiques est de tout premier ordre. Je citerai seulement les noms d'Osmond et Werth et, tout particulièrement, l'œuvre de Henry Le Chatelier et de ses élèves, spécialement de notre Confrère M. Charpy. Qu'il s'agisse de produits sidérurgiques ordinaires ou d'aciers spéciaux, d'alliages de cuivre ou d'alliages légers et ultralégers, il est indiscutable que les recherches théoriques et industrielles faites en France sont de tout premier plan.

Il a paru intéressant de rappeler aujourd'hui ces différents points devant l'Académie.

## NOMINATIONS.

M. **Auguste Chevalier** est désigné pour faire une *Lecture* dans la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1943.

## COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Georges Perrier**, **Gaston Julia** pour la Division des Sciences mathématiques; **Emmanuel Leclainche**, **Marcel Delépine** pour la Division des Sciences physiques; **Gustave Roussy**, **Justin Jolly** pour la Section des Académiciens libres, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *Jules-Louis Breton*.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Max Sorre. *Les fondements biologiques de la géographie humaine. Essai d'une écologie de l'homme* (présenté par M. E. de Martonne).

2° Paul Jaulmes. *Analyse des vins*.

ALGÈBRE. — *Sur les problèmes d'immersion et la théorie des modules.* Note (¹) de M. **Paul Dubreil**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Tout sous-ensemble multiplicativement fermé d'un groupe G vérifie la *règle de simplification*, donc est un semi-groupe. La réciproque, vraie dans le

(¹) Séance du 3 mai 1943.

cas abélien, ne l'est plus dans le cas général où apparaît une autre condition nécessaire, la *condition* Z signalée en 1937 par A. Malcev ([2]). Ultérieurement, cet auteur a donné des conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il existe un groupe contenant un semi-groupe donné ([3]). Mais un autre résultat, d'un degré de généralité intermédiaire, et particulièrement intéressant par sa maniabilité et ses possibilités d'application, a été donné dès 1931 par O. Ore ([4]), qui a établi le théorème suivant : *tout anneau régulier à droite* ([5]) *est contenu dans un corps* (*corps des quotients à droite*). En supprimant dans la démonstration donnée par Ore tout ce qui concerne l'addition, on obtient la proposition suivante. *Pour qu'un semi-groupe* S *soit contenu dans un groupe* G *et que tout élément* $\xi$ *de* G *admette au moins une représentation de la forme* $\xi = a.b^{-1}$ *où* $a$ *et* $b \in$ S, *il faut et il suffit que* S *soit régulier à droite*. Nous compléterons cet énoncé par les remarques suivantes.

*a. La régularité à droite* (*ou à gauche*) *d'un semi-groupe* S *entraîne immédiatement la condition* Z *de Malcev*.

*b*. Pour construire le groupe G contenant un semi-groupe S régulier à droite, il y a intérêt à remarquer que l'ensemble $\Delta$ des « *fractions à droite* » $a/b (= ab^{-1})$, où $a, b \in$ S est un *groupoïde de H. Brandt* ([6]).

*c*. Si S est *régulier* des deux côtés, on peut construire un deuxième groupe G′ le contenant, à partir des « *fractions à gauche* » $v/u (= v^{-1}u)$. Une fraction à droite $a/b$ et une fraction à gauche $v/u$ sont dites *homologues* si $va = ub$. *Pour que deux fractions à droite soient équivalentes* (*c'est-à-dire représentent le même élément de* G), *il faut et il suffit qu'elles soient homologues d'une même fraction à gauche :* ce lemme entraîne *l'isomorphisme des deux groupes* G et G′.

2. Dans le Mémoire cité, O. Ore a étudié *la résolution des équations linéaires*

---

([2]) *Math. Ann.*, **113**, 1937, p. 686. La condition Z est la suivante : les égalités $bs = b's'$, $as = a's'$, $bt = b't'$ entre éléments du semi-groupe S doivent entraîner $at = a't'$.

([3]) A. Malcev, *Recueil Math., Moscou*, 6, 1939, p. 331. Ce Mémoire et sa traduction m'ont été aimablement communiqués par MM. B. L. van der Waerden et H. Richter, auxquels j'exprime mes sincères remerciements.

([4]) *Annals of Mathem.*, **32**, 1931, p. 463.

([5]) Un anneau R est *régulier à droite* si : 1° il ne possède pas de diviseurs de zéro (autres que zéro); 2° deux éléments non nuls $a$, $b$ ont toujours un multiple commun à droite non nul :

$$ar = bs \quad \text{avec} \quad r \text{ et } s \in \mathrm{R}.$$

R — {O} est alors un semi-groupe multiplicatif *régulier à droite* (ou *réversible à gauche*) (cf. P. Dubreil, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, **63**, 1941, Chap. II, p. 34).

([6]) *Math. Ann.*, 96, 1926, p. 360. Cette remarque est d'ailleurs utilisée implicitement par J. H. M. Wedderburn, (*Journ. für r. und angew. Mathem.*, **167**, 1932, p. 129) pour construire le corps des quotients d'un *anneau euclidien*, construction qui est un cas particulier de celle de Ore, car *tout anneau avec élément-unité sans diviseurs de zéro et dans lequel tout idéal à droite est principal* (*en particulier tout anneau euclidien*) *est régulier à droite*.

*sur un anneau régulier à droite ou à gauche.* Indiquons ici sans démonstrations quelques théorèmes concernant l'application de cette notion à la *théorie des modules.*

Soit $\mathfrak{M}$ un $\mathfrak{o}$-module à gauche, $\mathfrak{o}$ désignant un anneau commutatif ou non. Des éléments $x_1, \ldots, x_r$ sont *linéairement indépendants par rapport à* $\mathfrak{o}$ : $\mathcal{J}_{\mathfrak{o}}[x_1, \ldots, x_r]$, si la relation $\sum_{i=1}^{r} \lambda^i x_i = 0$ ($\lambda^i \in \mathfrak{o}$) entraîne $\lambda^i = 0$. Dans le cas contraire les $x_i$ sont *dépendants :* $\mathcal{D}_{\mathfrak{o}}[x_1, \ldots, x_r]$. Tout $x \in \mathfrak{M}$ tel que $\mathcal{D}_{\mathfrak{o}}[x]$ est *singulier.* $\mathfrak{M}$ est *propre* s'il ne contient pas d'autre élément singulier que O, impropre dans le cas contraire. *Pour que* $\mathfrak{M}$ *soit propre, il faut que* $\mathfrak{o}$ *soit un anneau sans diviseurs de zéro.*

*La dépendance linéaire par rapport à* $\mathfrak{o}$ *vérifie l'axiome de coïncidence et l'axiome d'induction de la théorie abstraite de la dépendance, mais non nécessairement l'axiome d'échange* ([7]).

THÉORÈME 1. — *Pour que dans un* $\mathfrak{o}$*-module à g., propre,* $\mathfrak{M}$*, la dépendance linéaire par rapport à* $\mathfrak{o}$ *vérifie l'axiome d'échange, il faut et il suffit que* $\mathfrak{o}$ *soit régulier à gauche.*

THÉORÈME 2. — *Si* $\mathfrak{o}$ *est irrégulier à gauche, on peut trouver, dans un* $\mathfrak{o}$*-module propre* $\mathfrak{M}$*, n éléments linéairement indépendants, quel que soit l'entier n.*

Cette dernière propriété vaut en particulier si $\mathfrak{M}$ est un module de formes linéaires de rang $m$, c'est-à-dire possède une base constituée par $m$ éléments linéairement indépendants : la dépendance linéaire par rapport à un anneau irrégulier s'écarte donc fortement des propriétés classiques.

THÉORÈME 3. — *Soit* $\mathfrak{o}$ *un anneau régulier à g., avec élément unité. Dans un* $\mathfrak{o}$*-réseau à g. de dimension m, c'est-à-dire dans un* $\mathfrak{o}$*-module défini par une base de m éléments linéairement indépendants, il est impossible de trouver plus de m éléments linéairement indépendants. En particulier, toutes les bases indépendantes de* $\mathfrak{M}$ *ont la longueur m* ([8]).

THÉORÈME 4. — *Pour tout sous-module* $\mathfrak{N}$ *d'un* $\mathfrak{o}$*-réseau* $\mathfrak{M}$ *de dimension m, il existe un entier* $n \leq m$ *tel que* $\mathfrak{N}$ *contienne n éléments linéairement indépendants dont tout élément de* $\mathfrak{N}$ *dépend linéairement. Si tout idéal à g. de* $\mathfrak{o}$ *a une base finie (est principal), tout sous-module* $\mathfrak{N}$ *de* $\mathfrak{M}$ *est fini (est un réseau).*

---

([7]) Voir par exemple HAUPT, NÖBELING et PAUC, *Joun. f. r. u. ang. Mathem.*, 181, 1939, p. 193-217.

([8]) Cette partie de l'énoncé rentre dans une proposition plus étendue (cf. DIEUDONNÉ, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 563). M. Dieudonné établit l'invariance du rang $m$ d'un module de formes linéaires sur $\mathfrak{o}$ notamment dans les deux cas suivants : 1° $\mathfrak{o}$ est contenu dans un corps; 2° $\mathfrak{o}$ est commutatif. Dans le cas que nous considérons, cette invariance résulte aussi, d'après le théorème 1, de la théorie abstraite de la dépendance.

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces fibrés associés à une variété différentiable.* Note [1] de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note contient quelques applications immédiates de trois Notes antérieures [2].

A toute variété différentiable $V^n$ on peut associer un espace fibré appelé variété des vecteurs tangents à $V^n$. En effet, soit $V^n$ une variété numérique à $n$ dimensions (espace de Hausdorff tel que tout point admette un voisinage ouvert homéomorphe à un pavé ouvert de l'espace numérique $R^n$). Un homéomorphisme $f$ d'un ouvert U de $V^n$ sur un ouvert $U'$ de $R^n$ définit une *carte locale* $(U', f, U)$. Il existe un système A de cartes locales $(U'_i, f_i, U_i)_{i\in I}$ tel que $\bigcup_{i\in I} U_i = V^n$; on peut l'appeler *atlas* de $V^n$. A deux cartes locales $(U'_i, f_i, U_i)$ et $(U'_j, f_j, U_j)$ correspond un changement de coordonnées locales $h_{ji}$, c'est-à-dire un homéomorphisme de l'ouvert $A_{ij} = f_i(U_i \cap U_j)$ sur $A_{ji} = f_j(U_i \cap U_j)$. L'atlas A est dit différentiable lorsque tous les $h_{ij}$ correspondants sont différentiables. L'atlas différentiable maximal contenant A définit sur $V^n$ une structure de variété différentiable. Grâce à un homéomorphisme naturel, $V^n$ peut être identifié avec l'espace quotient $\left(\sum_{i\in I} U'_i\right)/\rho$, où $\sum_{i\in I} U'_i$ désigne l'espace somme des $U'_i$ et où $\rho$ est la relation d'équivalence « il existe $h_{ij}$ tel que $u' = h_{ij}(u)$ ». A $h_{ji}$ correspond un homéomorphisme $\check{h}_{ji}$ de l'espace produit $A_{ij} \times R^n$ sur $A_{ji} \times R^n$, appelé prolongement de $h_{ji}$ à l'espace des vecteurs liés $(u, \overrightarrow{du})$ attachés aux points de $A_{ij}$ et défini par

$$u' = h_{ji}(u), \qquad \overrightarrow{du'} = dh_{ji}(u, \overrightarrow{du}); \qquad u \in A_{ij}, \qquad \overrightarrow{du} \in R^n.$$

La variété $\check{V}^n$ des vecteurs tangents à $V^n$ est par définition l'espace quotient de l'espace somme $\sum_{i\in I}(U'_i \times R^n)$ par la relation d'équivalence $\check{\rho}$ définie par l'ensemble des $\check{h}_{ji}$. D'après [1] *b*, I, $\check{V}^n$ est un espace fibré de symbole $\check{V}^n(V^n, R^n, L, H)$, L étant le groupe linéaire homogène de $R^n$. La projection de $\check{V}^n$ sur $V^n$ est l'application qui fait correspondre à la classe de $(u, \overrightarrow{du})$ suivant $\check{\rho}$ la classe de $u$ suivant $\rho$, celle-ci étant considérée comme identifiée avec un point $x$ de $V^n$. La fibre $R^n_x$ admet un homéomorphisme sur $R^n$ défini à un automorphisme près de l'espace vectoriel $R^n$, ce qui détermine sur $R^n_x$ une

---

[1] Séance du 3 mai 1943.

[2] *a, b, c* (*Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 945-948; **213**, 1941, pp. 762-764; **214**, 1942, p. 144-147.) Les résultats de la présente Note ont fait l'objet d'une communication à la Société Mathématique de France (section de Clermont-Ferrand) le 16 avril 1942.

structure d'espace vectoriel et permet de l'appeler espace vectoriel tangent à $V^n$ en $x$. Un élément de $R^n_x$ étant désigné par $(x, \overrightarrow{dx})$, on peut identifier $x$ avec $(x, 0)$. $V^n$ est ainsi identifié avec une *section* (³) de l'espace fibré $\check{V}^n$. On voit que $\check{V}^n$ est une variété à $2n$ dimensions, $p-1$ fois différentiable (resp. analytique) lorsque $V^n$ est $p$ fois différentiable (resp. analytique).

A toute représentation continue de L sur un groupe continu $L_F$ d'automorphismes d'un espace topologique F correspond, par la construction de (²) *b*, III, un espace fibré $E(V^n, F, L_F, H_F)$ dit associé à $V^n$.

*Exemples.* — 1° F = espace vectoriel des tenseurs sur $R^n$ de type donné, $L_F$ = groupe induit dans F par L, E = espace des tenseurs du type donné attachés aux points de $V^n$. Une section de E est appelée champ de tenseurs. 2° F = variété des sous-espaces vectoriels non orientés ou orientés de dimension $p$ de $R^n$, $L_F$ = extension de L à F, E = variété des éléments de contact non orientés ou orientés de dimension $p$ de $V^n$. 3° F = variété des formes quadratiques dans $R^n$ de signature donnée, $L_F$ = extension de L à F, E = variété des formes quadratiques de signature donnée attachées aux points de $V^n$. Une section de E est un champ de formes quadratiques, qui définit aussi une fonction de $(x, \overrightarrow{dx})$ appelée forme différentielle quadratique sur $V^n$, de la signature donnée. Remarquons que toutes les variétés E ainsi définies sont $p-1$ fois différentiables (resp. analytiques) si $V^n$ est $p$ fois différentiable (resp. analytique).

La structure $\check{V}^n(V^n, R^n, L, H)$ contient-elle des structures plus précises $\check{V}^n(V^n, R^n, L', H')$, où $L'$ est un sous-groupe de L? Une telle structure correspond à un parallélisme de vecteurs sur $V^n$ si $L'$ est l'élément unité de L, à une orientation de $V^n$ si $L'$ est la composante connexe de l'unité de L. Si $L'$ est le groupe orthogonal $\Omega$ de $R^n$, l'espace $L/\Omega$ est homéomorphe à $R^{n(n+1)/2}$. *Il existe donc* [voir (²) *c*] *une structure plus précise* $\check{V}^n(V^n, R^n, \Omega, H')$ *et par suite une forme différentielle quadratique définie positive sur* $V^n$. En effet, soit $g(\overrightarrow{X})$ une forme quadratique définie positive invariante par $\Omega$. La fonction $f(x, \overrightarrow{dx}) = g(\overrightarrow{X})$, où $\overrightarrow{X}$ correspond à $(\overrightarrow{x}, \overrightarrow{dx})$ dans un des isomorphismes de $R^n_x$ sur $R^n$ appartenant à $H'$, est une forme quadratique définie positive sur $V^n$.

L'existence sur $V^n$ d'une forme quadratique $f(x, \overrightarrow{dx})$ de signature $(p, n-p)$ est équivalente à l'existence d'une structure plus précise $\check{V}^n(V^n, R^n, L', H')$, où $L'$ est le groupe linéaire de $R^n$ laissant invariante la forme

$$g(\overrightarrow{X}) = x_1^2 + \ldots + x_p^2 - x_{p+1}^2 - \ldots - x_n^2.$$

Or si $\Omega'$ est le sous-groupe de $L'$ qui laisse invariant le sous-espace de $R^n$ défini par $x_{p+1} = \ldots = x_n = 0$, l'espace $L'/\Omega'$ est homéomorphe à $R^m$. Par suite *l'existence d'une forme* $f(x, \overrightarrow{dx})$ *est équivalente à l'existence sur* $\check{V}^n$ *d'une structure* $\check{V}^n(V^n, R^n, \Omega', H'')$, *qui est elle-même équivalente à l'existence sur* $V^n$

(³) Section = système continu de représentants, voir (²) *b*, p. 764

*d'un champ d'éléments de contact non orientés de dimension p.* Si $p=1$ et $n=4$, on obtient ainsi des conditions nécessaires pour la structure topologique d'un univers possible en Relativité. Par exemple, la sphère $S^4$ et l'espace projectif $P^4$ ne conviennent pas. Si l'univers $V^4$ est supposé compact et si l'on peut définir par continuité une distinction entre passé et avenir en chaque point, la caractéristique d'Euler-Poincaré de $V^4$ est nulle.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Pseudo et vrai glissement d'un essieu.* Note (1) de M. **René Swyngedauw**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons montré (2) que lorsqu'un essieu roule entre pointes sur un cylindre, la courbe du glissement en fonction du couple frein, ou de la résistance au roulement, est formée d'un premier segment rectiligne issu de l'origine relié à une deuxième partie rectiligne par un arc de courbure plus ou moins accentuée.

On admet généralement que cette première partie droite représente la variation du pseudo-glissement en fonction du freinage de l'essieu. Les considérations suivantes montrent qu'à ce pseudo-glissement se superpose un vrai glissement.

Divisons par la pensée la surface S de contact en un très grand nombre $n$ de rectangles élémentaires d'égale surface $\sigma$, de longueur parallèle à l'axe de rotation et numérotons-les dans le sens du couple moteur ainsi que les éléments superficiels de l'essieu et du cylindre en contact sur ces éléments $\sigma$.

L'état physique et mécanique du système étant le même au repos qu'en régime permanent de vitesse, si l'on applique au repos à l'essieu la même résistance R' et au cylindre le même effort E qu'en régime permanent, le système ne démarre pas, mais l'élément 1' de l'essieu est soumis à une tension T' appliquée à sa face amont dirigée en sens inverse du couple moteur, et l'élément 1 du cylindre moteur est soumis sur sa face amont à une compression K dirigée dans le sens du couple moteur, de sorte que T' et K tendent à faire glisser les éléments 1' et 1 l'un par rapport à l'autre. Mais dès que ce glissement s'amorce et avant qu'il ne soit appréciable à nos moyens de mesure, il naît entre les molécules de l'essieu et celles du cylindre en contact une force tangentielle attractive qui s'oppose à ce glissement et qui croît avec les efforts R' et E sans pouvoir dépasser toutefois un maximum, qu'on appelle l'adhérence de l'essieu au cylindre sur l'élément $\sigma_1$ et qui est définie par le produit $a_1=\varphi_0 p_1 \sigma$.

$\varphi_0$ étant le coefficient de frottement statique, $p_1$ la pression par unité de surface autour d'un point de $\sigma_1$.

(1) Séance du 3 mai 1943.

(2) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 902.

Par suite si l'on fait croître progressivement à partir de zéro les efforts résistants R' et moteur E correspondant au régime permanent, la tension T' et la compression K croissent avec eux, et lorsqu'ils dépassent l'adhérence $a_1$ sur l'élément $\sigma_1$, l'élément 1' de l'essieu glisse sur l'élément 1 du cylindre dans *le sens inverse du couple moteur.*

De même, la pression étant répartie sur la surface de contact S symétriquement par rapport à l'élément $\sigma$ médian, le $n^{\text{ième}}$ et dernier élément du cylindre glisse par rapport à l'essieu *dans le sens du couple moteur.*

Pour un système d'efforts résistant R' et moteur E de plus en plus grands, l'essieu glisse par rapport au cylindre sur un nombre $j$ croissant des premiers et des $j$ derniers éléments $\sigma$ de la surface de contact S, tel que la résistance au roulement soit égale à la somme des adhérences sur les $2j$ éléments $\sigma$ sur lesquels s'est produit le glissement.

*Pour que le cylindre démarre et entraîne l'essieu*, il faut et il suffit qu'il existe, dans la région médiane de la surface de contact, des éléments $\sigma$ sur lesquels l'essieu adhère au cylindre de façon que le couple moteur croissant, il puisse naître en cette région, entre les éléments de l'essieu et du cylindre en contact, des forces attractives complémentaires qui permettent d'entraîner l'essieu sans glisser dans cette région.

Il résulte de ces considérations qu'un point P' de l'essieu qui entre dans la surface de contact S au même instant qu'un point P du cylindre *ne reste pas adhérent à* P *dans la traversée de* S comme on le supposait, *mais glisse en sens inverse du mouvement de* P *sur les j premiers et sur les j derniers éléments σ de* S.

Par suite, dans la traversée de cette surface S, la vitesse moyenne U' d'un point P' de l'essieu est inférieure à la vitesse V' qu'il aurait si P' restait adhérent à P dans cette traversée, de sorte que, *au pseudo-glissement se superpose un véritable glissement* $(V' - U')/V'$ *analogue à celui qui se produit dans le rampage d'une courroie sur sa poulie avant le patinage.*

Et, comme les petites déformations élastiques sont proportionnelles aux forces qui les causent, *le vrai glissement est proportionnel à la résistance au roulement de l'essieu comme le pseudo-glissement.*

CHRONOMÉTRIE. — *Applications d'une réception visuelle et photographique des signaux horaires.* Note de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

En vue de diverses utilisations que j'indiquerai ci-après, j'ai établi un appareil qui permet, de manière simple et économique, la transformation d'un son en impression visuelle [1]. La source lumineuse est une lampe à effluves

[1] On peut aussi arriver à ce résultat en observant les variations du courant d'un microphone à l'aide d'un oscillographe cathodique, comme dans le dispositif qui fonctionne à la salle des Électrons du Palais de la Découverte.

(lampe au néon) dont les variations d'intensité suivent sans aucun retard (à $10^{-5}$ seconde près) les variations de la tension appliquée à ses électrodes.

Elle est commandée par un amplificateur basse fréquence à deux étages; le récepteur est constitué par un écouteur téléphonique ordinaire, en série avec le primaire d'un transformateur élévateur de tension de rapport 1/10. La grille de la première lampe (6B7) est reliée à la masse par l'intermédiaire du secondaire de ce transformateur. Les vibrations de la membrane de l'écouteur sont ainsi transmises par induction à l'amplificateur. La tension de sortie de la deuxième lampe (EL3N) est recueillie par un autre transformateur basse fréquence dont le secondaire est relié directement aux bornes de la lampe à effluves; le rapport de ce transformateur est déterminé d'après l'impédance optimum de la EL3N (7000 Ω) et la résistance approximative de la lampe à effluves.

Un des intérêts de ce montage est de rendre possible l'usage du téléphone à toute personne d'audition déficiente, en lui faisant reconnaître les signaux conventionnels de l'automatique (abonné appelé ou ligne occupée) et en lui permettant de constater si son correspondant est prêt à l'écouter, et même de recevoir éventuellement d'un familier une réponse par l'émission de sons brefs, dont le nombre et l'espacement soient convenus à l'avance. Ces résultats sont obtenus sans modification des postes téléphoniques, en appliquant simplement l'écouteur du combiné sur celui qui est relié à l'amplificateur.

L'usage plus spécial auquel est destiné cet appareil est la détermination exacte du temps sur les enregistrements de séismographes. Il permet la réception des émissions de l'horloge parlante de l'Observatoire de Paris, dont les quatre tops définissant la minute ronde sont très aisément reconnaissables indépendamment de l'émission parlée, et peuvent être comparés aux indications de la pendule du séismographe. Il est, de plus, possible de les inscrire photographiquement sur le séismogramme, côte à côte avec le tracé de l'enregistrement, qui comporte des interruptions toutes les minutes commandées par la pendule, en remplaçant la lampe au néon par une lampe à argon dont la lumière est très actinique.

Cette méthode d'inscription automatique du temps sur les séismogrammes est applicable également aux signaux horaires reçus par un poste de T. S. F. Son avantage est qu'elle est indépendante des relais et des électroaimants commandés par la pendule de la station, et que le retard éventuel de fonctionnement de ceux-ci se trouve englobé dans la correction de la pendule déterminée d'après l'impression photographique des variations d'éclat de la lampe à argon dont l'inertie est pratiquement nulle. Cette détermination se fait avec la même précision que les autres lectures de temps sur les ondes séismiques enregistrées. La méthode n'est, il est vrai, pas applicable aux séismographes à inscription mécanique, mais, si la station comporte, comme c'est généralement le cas, au moins un appareil à enregistrement photographique, la correction de la pendule qui commande toute l'installation pourra être mesurée avec ce seul enregistreur.

ASTRONOMIE. — *Sur la relation empirique-masse-luminosité et sur une nouvelle formule exprimant cette relation.* Note de M. **Paul Baize**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Pour établir la relation masse-luminosité, deux voies sont possibles. L'une, suivie par Eddington, consiste, en partant de données *théoriques* sur la constitution interne des étoiles (masse, densité, température, poids moléculaire moyen etc.), à intégrer les formules qui représentent cette relation, quitte à demander à l'observation les valeurs numériques de certaines constantes. L'autre, employée par Huffer, Gabovits, Parenago, Kuiper et tout récemment Russell et Moore, se borne à déduire *empiriquement* la relation de la courbe, construite graphiquement, des luminosités en fonction des masses d'étoiles doubles bien déterminées.

Cette dernière méthode, qui exclut les hypothèses et ne fait état que des seules données de l'observation, est celle que nous avons employée.

2. Après discussion de tout le matériel disponible, nous avons retenu 43 étoiles doubles pour lesquelles nous connaissons avec une suffisante exactitude :

la parallaxe; les éléments orbitaux; le rapport de masses; les magnitudes apparentes; le type spectral.

Après élimination des binaires spectroscopiques et des naines blanches, il reste 69 étoiles. En portant en abscisses les magnitudes absolues bolométriques et en ordonnées les $\log\mu$, nous avons trouvé que *ces 69 points se plaçaient bien sur une droite* et qu'il existait entre ces deux quantités *une relation linéaire très simple*

$$\log\mu = -0,112(M_{\text{bol.}} - M_{\text{bol.}}\odot), \tag{1}$$

où $M_{\text{bol.}}\odot$ est prise égale à $+4,80$ (moyenne pondérée, dans l'échelle de Harvard, des déterminations de Russell et de Kuiper).

L'erreur probable sur $\log\mu$ calculé à l'aide de cette formule est $\pm 0,04$, soit $\pm 0,34$ magnitude absolue dans la région de la relation couverte par les binaires visuelles de notre liste.

Les seules déviations sérieuses sont présentées par 3 étoiles; $O^2$ Eridani BC, Sirius B et Procyon B, qui fournissent des résidus $O - C$ respectivement égaux à $+0,30$, $+0,70$ et $+0,58$. Ces étoiles sont probablement toutes trois des *naines blanches*; elles n'ont pas servi à construire la courbe.

3. Pour atténuer l'effet des inévitables divergences, nous avons réparti nos étoiles en 13 groupes, et calculé pour chaque groupe la masse moyenne, la $M_{\text{bol.}}$ moyenne, ainsi que $\log\mu$ correspondant :

| Poids. | Magn. absol. bolom. | | Moy. | Masse moy. | Nombre d'étoiles. | Log μ obs. | Log μ calc. | O — C. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | m | m | ⊙ | | | | |
| 8..... | −1 à | 0 | − 0,46 | 4,18 | 1 | +0,62 | +0,59 | +0,03 |
| 8..... | 0 + | 1 | + 0,04 | 3,32 | 1 | +0,52 | +0,53 | −0,01 |
| 15..... | +1 | 2 | 1,11 | 2,54 | 4 | +0,40 | +0,41 | −0,01 |
| 13..... | 2 | 3 | 2,65 | 1,61 | 5 | +0,21 | +0,24 | −0,03 |
| 16..... | 3 | 4 | 3,52 | 1,35 | 9 | +0,13 | +0,14 | −0,01 |
| 33..... | 4 | 5 | 4,59 | 1,08 | 14 | +0,03 | +0,02 | +0,01 |
| 38..... | 5 | 6 | 5,39 | 0,82 | 15 | −0,09 | −0,07 | −0,02 |
| 20..... | 6 | 7 | 6,41 | 0,71 | 10 | −0,15 | −0,18 | +0,03 |
| 11..... | 7 | 8 | 7,52 | 0,50 | 6 | −0,30 | −0,30 | 0,00 |
| 5..... | 8 | 9 | 8,70 | 0,41 | 3 | −0,40 | −0,44 | +0,04 |
| 11..... | 9 | 10 | 9,33 | 0,36 | 5 | −0,44 | −0,51 | +0,07 |
| 8..... | 10 | 11 | 10,46 | 0,22 | 2 | −0,65 | −0,63 | −0,02 |
| 5..... | 11 | 12 | 11,47 | 0,16 | 1 | −0,80 | −0,75 | −0,05 |

Nous avons ensuite réparti les mêmes étoiles par types spectraux :

| Poids. | Type spectral. | $M_{abs}$ moy. | Masse moy. | Nombre d'étoiles. | Log μ obs. | Log μ calc | O — C. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *Série principale.* | | | | | |
| | | m | ⊙ | | | | |
| 14..... | $A_0$–$A_9$ | + 1,06 | 2,56 | 3 | +0,41 | +0,42 | −0,01 |
| 40..... | $F_0$–$F_9$ | 3,59 | 1,37 | 30 | +0,14 | +0,14 | 0,00 |
| 34..... | $G_0$–$G_9$ | 4,73 | 1,00 | 13 | 0,00 | +0,01 | −0,01 |
| 39..... | $K_0$–$K_8$ | 5,53 | 0,78 | 13 | −0,11 | −0,12 | +0,01 |
| 23..... | $M_0$–$M_3$ | 8,20 | 0,47 | 12 | −0,33 | −0,38 | +0,05 |
| 15..... | $M_4$–$M_6$ | 10,66 | 0,23 | 5 | −0,65 | −0,65 | 0,00 |
| | | *Géantes.* | | | | | |
| 8..... | $F_4$ | + 0,04 | 3,32 | 1 | +0,52 | +0,53 | −0,01 |
| 8..... | $G_4$ | − 0,46 | 4,18 | 1 | +0,62 | +0,59 | +0,03 |

Dans l'un comme dans l'autre tableau, les résidus O — C sont minimes et n'offrent pas de caractère systématique.

4. Bien que notre but ait été seulement d'exprimer la relation empirique masse-luminosité pour les binaires visuelles, il nous a paru intéressant d'examiner si elle s'étendait aussi *aux binaires spectroscopiques*. Dans ce but nous avons utilisé les 7 binaires spectroscopiques sélectionnées par Kuiper (*Astroph. Journal*, 88, 1938, p. 472).

| Nom. | | Type spectral. | $M_{bol}$. | μ. | Log μ obs. | Log μ calc. | O — C. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | ⊙ | | | |
| Castor | C... | $M1_e$ | + 7,58 | 0,63 | −0,20 | −0,31 | +0,11 |
| | C'... | » | + 7,78 | 0,57 | −0,25 | −0,33 | +0,08 |
| β Aur. | A... | $A_1$ | + 0,04 | 2,38 | +0,38 | +0,53 | −0,15 |
| | B... | » | + 0,04 | 2,35 | +0,37 | +0,53 | −0,16 |
| μ Scar. | AB/2... | $B_3$ | − 3,76 | 12,4 | +1,09 | +0,96 | +0,13 |
| V Pupp. | AB/2... | $B_2$ | − 5,04 | 18,4 | +1,26 | +1,10 | +0,16 |
| Y Cygni | A... | $O_9$ | − 6,6 | 17,1 | +1,24 | +1,28 | −0,04 |
| | B... | » | − 6,6 | 17,3 | +1,24 | +1,28 | −0,04 |
| A o Cass. | A... | $O_{8,5}$ | −10,3 | 43,1 | +1,63 | +1,69 | −0,06 |
| | B... | » | − 9,3 | 38,2 | +1,58 | +1,58 | 0,00 |
| 29 C. Maj. | A... | $O_{8,5}$ | −10,0 | 45,7 | +1,66 | +1,66 | 0,00 |
| | B... | » | − 8,9 | 33,9 | +1,53 | +1,53 | 0,00 |

Entre Krüger 60 B et 29 Can. Maj. A, le rapport des masses est de 1 à 290,

et celui des luminosités de 1 à $387.10^6$. L'étendue même de la zone représentée par notre formule (1) est la preuve de sa validité. On peut donc en inférer que, très probablement, *les luminosités des étoiles dans la série principale comme chez les géantes, sont liées de façon stricte à leurs masses.*

5. En appelant L la luminosité, et en prenant le Soleil pour unité, on a (loi de Pogson)

$$M_{bol} - M_{bol.\odot} = -2,5 \log \frac{L}{L_\odot}. \quad (2)$$

Par suite, en portant (2) dans (1), il vient

$$\log \frac{\mu}{\mu_\odot} = 0,280 \log \frac{L}{L_\odot}, \quad (3)$$

c'est-à-dire

$$\frac{\mu}{\mu_\odot} = \left(\frac{L}{L_\odot}\right)^{0,280}, \quad (4)$$

ou encore

$$\frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{\mu}{\mu_\odot}\right)^{3,57}, \quad (4')$$

ce qui s'énonce : *empiriquement, la luminosité d'une étoile est proportionnelle à la puissance* 3,57 *de sa masse.*

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le chauffage d'une sphère par courants de Foucault.* Note de M. **Marc Jouguet**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous avons indiqué (1) comment on pouvait déterminer les courants de Foucault dans un solide de révolution, placé dans un champ magnétique alternatif et uniforme, et nous avons donné la solution pour un ellipsoïde. La méthode s'applique à une sphère de rayon $a$, de conductibilité $\gamma$ et de perméabilité $\mu$. Elle conduit à des formules connues et dues à M. Liénard (2). On peut en faire l'application à la théorie des fours à induction, quand le creuset a une forme voisine de celle d'une sphère.

Soient R et L la résistance et le coefficient de self-induction propres du solénoïde inducteur supposé très haut et parcouru par un courant $I_0 e^{j\omega t}$. En présence du creuset, la résistance est $\mathcal{R} = R + X$ et le coefficient de self-induction $\mathcal{L} = L - Y/\omega$. On détermine X et Y en intégrant, le long du solénoïde, le champ électrique dû à la sphère, ce qui donne la force contre-électromotrice induite $e = (-X + jY)I_0$. La puissance dissipée en chaleur dans la sphère est $1/2\, XI_0^2$. On trouve, en posant $u = a\sqrt{2\pi\gamma\mu\omega}$,

$$X = \alpha n^2 a^3 \omega F(u, \mu); \qquad Y = \alpha n^2 a^3 \omega G(u, \mu)$$

($\alpha = h^2/D^2 + h^2$; D diamètre, $h$ hauteur, $n$ nombre de spires par centimètre du solénoïde). On peut écrire les expressions de F et G pour $u$ et $\mu$ quelconques.

(1) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 000.

(2) Publiées dans le *Cours d'Électricité* de M. Chipart (*Cours de l'École des Mines de Saint-Étienne*, III, p. 653 et suiv.).

Elles sont très simples dans deux cas importants : 1° quand $\mu = 1$; 2° quand $u$ et $\mu$ sont grands devant l'unité.

A. *Corps non magnétiques* ($\mu = 1$). On a alors

$$F = \frac{12\pi^2}{u}\left(\frac{\text{sh}\,2u + \sin 2u}{\text{ch}\,2u - \cos 2u} - \frac{1}{u}\right); \qquad G = \frac{12\pi^2}{u}\frac{2}{3}\left(u - \frac{\text{sh}\,2u - \sin 2u}{\text{ch}\,2u - \cos 2u}\right).$$

On déduit de ces formules les conséquences suivantes : 1° quand la fréquence $f$ croît de zéro à l'infini, X croît comme $f^2$ aux basses fréquences, comme $\sqrt{f}$ aux fréquences élevées; $\mathcal{L}$ décroît et tend vers une limite $\mathcal{L}_0 = \mathcal{L} - 8\pi\alpha n^2 a^3$, indépendante de $\gamma$; 2° quand la résistivité $\rho$ croît de zéro à l'infini, X part de zéro, passe par un maximum pour $\rho = a^2 f : 121$ ($\mu\Omega$/cm), puis décroît et tend vers zéro; $\mathcal{L}$ décroît de $\mathcal{L}_0$ à zéro; 3° quand $a$ varie de zéro à l'infini, pour $a$ très petit, X et Y/$\omega$ varient comme $a^5$; pour $a$ grand, X croît comme $a^2$ et Y/$\omega$ comme $a^3$; 4° en ce qui concerne le rendement du système, on retrouve qualitativement les résultats connus.

B. *Corps ferromagnétiques* (sans hystérésis et loin de la saturation); $u$ et $\mu$ sont grands. F et G ne dépendent que de $v = u/\mu$. On a

$$F = 12\pi^2 \frac{2v}{2v^2 + 2v + 1}; \qquad G = 8\pi^2 \frac{2v^2 - v - 2}{2v^2 + 2v + 1}.$$

On déduit de ces formules diverses conclusions : 1° quand $f$ augmente indéfiniment, X croît comme $\sqrt{f}$ et $\mathcal{L}$ tend vers $\mathcal{L}_0$; 2° quand $\mu$ croît, X commence par croître, mais passe par un maximum pour $\mu = 80 a^2 \gamma f$ (u. é. m. C. G. S), puis décroît et tend vers zéro; $\mathcal{L}$ augmente et tend vers une limite

$$\mathcal{L}_1 = L + 16\pi^2 \alpha n^2 a^3.$$

Ces derniers résultats sont en contradiction avec ceux que donne la théorie des fours à induction, faite en considérant un cylindre indéfini. D'après cette théorie, X croît indéfiniment comme $\sqrt{u}$ et $\mathcal{L}$ augmente indéfiniment. Cela provient de ce que, dans un cylindre indéfini, l'aimantation ne donne pas de champ démagnétisant. Il n'en est pas de même, comme on le sait, pour une sphère ou pour un corps de dimensions finies. D'une façon générale l'application aux fours réels des résultats de la théorie du *four indéfini* conduit, pour les corps ferromagnétiques, à des conclusions complètement erronées. Il résulte en particulier de ce que X est nul pour $\mu$ infini qu'un corps, dont la perméabilité serait extrêmement grande, serait impossible à chauffer par courants de Foucault (à moins de le disposer en circuit magnétique fermé). L'application de la théorie du four indéfini conduirait à une conclusion opposée.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'obtention du manganèse par électrolyse.* Note de M. **Pierre-Louis Dubois-Violette.**

Par électrolyse d'une solution concentrée de chlorure ou de sulfate de manganèse sur cathode de mercure, il est possible d'obtenir l'amalgame de man-

ganèse, qui s'oxyde lentement s'il est abandonné à l'air, mais peut être conservé sous l'eau sans autre dommage qu'une oxydation superficielle de la surface en contact avec l'eau.

En distillant cet amalgame, on obtient le métal pulvérulent. Le manganèse ainsi préparé est très pur si l'électrolyte utilisé a lui-même été soigneusement purifié. Mais il s'enflamme parfois spontanément à froid dès qu'il est mis en contact avec l'air. Moissan (1) et Guntz (2) ont d'ailleurs utilisé ce procédé en vue d'obtenir du manganèse pyrophorique. Moissan a porté son attention sur les conditions de la distillation et a indiqué qu'en distillant l'amalgame dans un tube en verre sous un courant d'hydrogène, en ayant soin de ne dépasser que de très peu la température d'ébullition du mercure, il avait obtenu à plusieurs reprises du manganèse pyrophorique. Guntz distillait l'amalgame sous un vide de 2 à $3^{cm}$ de mercure et semble avoir régulièrement obtenu une poudre pyrophorique.

Nous avons récemment repris ce procédé en vue de préparer le métal pur. L'amalgame était distillé dans un tube de quartz sous le vide cathodique d'une trompe à mercure.

A différentes reprises, le manganèse pulvérulent s'étant enflammé spontanément à froid dans l'air, sans que nous ayons pu établir un lien entre la température de distillation et ce phénomène que nous voulions éviter, nous avons recherché l'influence que pouvaient avoir sur lui les conditions de l'électrolyse. L'électrolyte était une solution de sulfate de manganèse additionné de sulfate d'ammonium dans le compartiment cathodique, une solution concentrée de sulfate d'ammonium dans le compartiment anodique. L'anode était en platine et la densité anodique de courant était d'environ 10 ampères par décimètre carré.

Lorsque l'électrolyse est suffisamment prolongée (au delà d'une heure), la fin de l'opération s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène de plus en plus abondant que Moissan signalait déjà dans son Mémoire. Nous avons remarqué que l'amalgame recueilli dans ces conditions fournissait, après distillation, une poudre pyrophorique. En interrompant au contraire l'électrolyse avant l'apparition des premières bulles d'hydrogène, nous avons obtenu un manganèse pulvérulent qui, à froid, ne s'enflammait plus à l'air.

Nous avons alors effectué à trois reprises l'expérience suivante : Au cours de l'électrolyse, nous avons prélevé, à des instants régulièrement espacés, l'amalgame formé. Après avoir numéroté les prises dans l'ordre de prélèvement, nous les avons distillées séparément dans les mêmes conditions. Les expériences faites nous ont chaque fois conduit aux résultats suivants : la poudre de manganèse provenant des premières prises ne s'enflammait pas à

(1) *Ann. Chim. Phys.*, **21**, 1880, p. 231.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, **7**, 1892, p. 275.

froid dans l'air, et sa température d'inflammation spontanée dépassait 200° C. Cette température s'abaissait, lentement d'abord lorsque le numéro de la prise augmentait, puis tombait rapidement jusqu'à la température ordinaire à partir d'une certaine prise; dans chacune des expériences, nous avons remarqué que l'époque de cette prise coïncidait avec l'apparition des premières bulles d'hydrogène déjà signalées. L'état de division de la poudre obtenue a été d'autre part étudié à l'aide d'un microscope puissant; nous avons pu constater que le diamètre des grains les plus gros était inférieur dans tous les cas à $0^{\mu},7$. D'ailleurs l'absence de tache centrale aux rayons X a montré que les grains les plus fins avaient un diamètre sans doute supérieur à $0^{\mu},1$.

Il paraît résulter de ces expériences que l'électrolyse du sulfate de manganèse s'accompagne d'une électrolyse secondaire de l'eau, d'abord très faible, mais dont l'intensité devient notable quand le rapport des concentrations de sulfate d'ammonium et de sulfate de manganèse est trop élevé. Il est probable que l'hydrogène naissant à la cathode reste occlus dans le manganèse pendant la distillation (sans doute d'autant mieux que celle-ci s'effectue à plus basse température), et que cet hydrogène occlus en grande quantité dans la poudre de manganèse provenant d'une électrolyse très poussée est responsable de l'inflammation spontanée à froid du métal, inflammation provoquée par l'élévation de température locale due à la combustion catalytique de l'hydrogène. On expliquerait ainsi que le manganèse du début de l'électrolyse reste inaltéré à froid bien qu'en poudre fine au contact de l'air.

Cette interprétation du caractère pyrophorique du manganèse serait à rapprocher d'explications analogues données à propos du fer pyrophorique obtenu par réduction d'un oxyde par l'hydrogène naissant.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de mélanges binaires par les spectres infrarouges.* Note de M^lle **Anne-Marie Vergnoux**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour examiner les modifications de la bande fondamentale infrarouge correspondant à l'oscillateur OH, on a étudié, en fonction de la concentration, la fraction de l'énergie incidente absorbée par des solutions de certains composés organiques dans $CCl^4$.

Dans un intervalle de nombres d'ondes $\Delta\nu = \nu_2 - \nu_1$, la fraction d'énergie absorbée, que nous prenons comme mesure de l'intensité de la bande, est donnée par

$$F = \frac{\int_{\nu_1}^{\nu_2} I_0\,d\nu - I_N\,d\nu}{\int_{\nu_1}^{\nu_2} I_0\,d\nu} = 1 - \frac{\int_{\nu_1}^{\nu_2} I_N\,d\nu}{\int_{\nu_1}^{\nu_2} I_0\,d\nu};$$

$I_0$ intensité incidente pour le nombre d'ondes $\nu$;
$I_N$ » transmise » $\nu$, rapportée à une solution normale (1 mol/l) sous $1^{cm}$ d'épaisseur.

On mesure la fraction $t_1 = (I_1/I_0)$ transmise par une solution de concentration $c$ dans une cuve de longueur $l$, d'où

$$\log I_N = \log I_0 + \frac{\log t_1}{c\,l}.$$

Les mesures ont été faites avec un spectromètre à prisme de sel gemme traversé deux fois (dont la dispersion est suffisante pour le problème étudié), associé à un radiomicromètre sensible; les corrections dues aux réflexions sur les faces des cuves sont éliminées par l'emploi de deux cuves.

L'incertitude sur les mesures provient d'une part d'un peu de lumière diffusée par le spectromètre ou les cuves, d'autre part, de l'estimation des limites de l'aire de la bande, difficile à séparer des bandes voisines et du fond continu.

*Résultats.* — 1° Conformément à des résultats antérieurs [1], les courbes de transmission de l'alcool éthylique, de l'orthobromophénol, de l'orthonitrophénol montrent que, à la bande $B_0$ fine et intense de l'oscillateur OH, située vers 3625cm$^{-1}$ (parfois dédoublée ou déplacée par couplage intramoléculaire), se superpose, à mesure que la concentration croît, une zone d'absorption large et floue. Elle comprend deux bandes; l'une $B_1$, située entre 4400 et 3650 cm$^{-1}$ environ, dont la présence n'a pas toujours été signalée; l'autre $B_2$, située entre 3600 et 3000 cm$^{-1}$ environ, beaucoup plus intense, tandis que la bande $B_0$, comprise entre les deux s'atténue peu à peu. $B_1$ et $B_2$ apparaissent déjà pour des concentrations inférieures à 0,1 N et leur position ne semble pas changer avec la concentration. D'autre part elles sont aussi marquées pour les corps présentant un radical en position ortho par rapport à l'oscillateur OH que pour l'alcool éthylique; une étude antérieure [2] avait déjà montré leur existence pour deux autres corps, l'orthochlorophénol et l'aldéhyde salicylique.

2° On a porté sur les courbes I et II de la figure les valeurs de F en fonction de la concentration pour l'alcool éthylique et l'orthobromophénol. Elles présentent de frappantes analogies : 1$^{er}$ maximum relativement aigu pour une concentration $C_1$ d'environ 1/10 de celle $c_L$ du liquide pur (maximum qu'on peut aussi remarquer pour l'orthonitrophénol); 2$^e$ maximum, plus étalé, pour une concentration $C_2 = 0{,}4\,c_L$ dans l'alcool éthylique, de $C'_2 = 0{,}3\,c_L$ dans l'orthobromophénol.

Ces résultats sont à rapprocher des anomalies rencontrées dans l'étude des deux mélanges binaires par des méthodes bien différentes : par exemple, variations avec la concentration dans un mélange alcool-solvant neutre de la chaleur de dissolution, de la viscosité, de la vitesse de diffusion, de l'intensité des raies Raman, du moment électrique, du temps de relaxation des molécules.

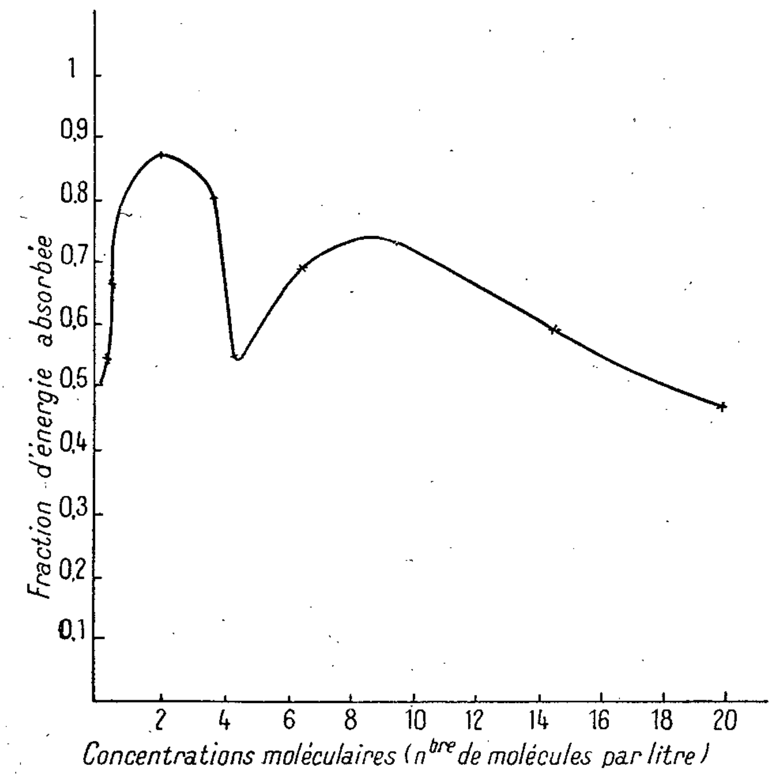
---

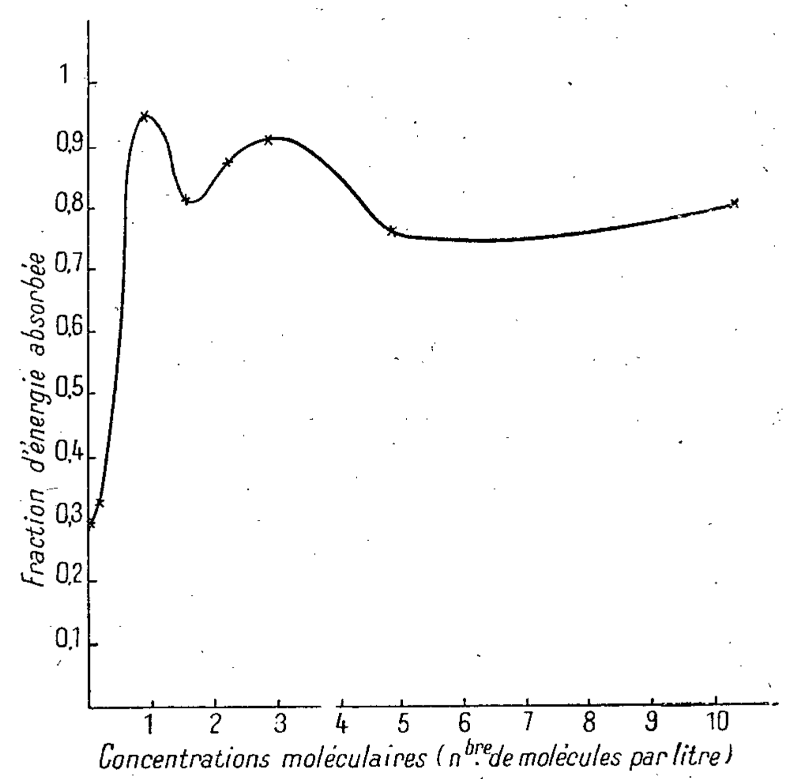
(1) BADGER et BAUER, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 839.

(2) A.-M. VERGNOUX et R. DADILLON, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 166.

On constate toujours l'existence de 1 ou plusieurs maximums ou minimums, l'un d'eux s'observant pour une valeur sensiblement égale à $C_2$ ([3]).

Dans l'hypothèse d'une structure quasi cristalline du liquide à molécules




fortement polaires [modèle de Zachariasen ([4]) confirmé par l'étude de Harvey ([5]) sur la diffraction des rayons X par l'alcool éthylique], on imagine des groupements de molécules temporaires ou à domaine de cohérence limité présentant cependant une symétrie presque cristalline due au couplage énergique des oscillateurs OH. On pourrait alors interpréter la large bande passante au voisinage de l'oscillation OH *libre* comme celle du *filtre de fréquences* (Parodi, *Actualités scientifiques*, Paris) constitué par les oscillateurs couplés dans le réseau quasi cristallin. La distribution de l'intensité dans la zone d'absorption ressemble à celle d'un filtre à 4 éléments par exemple. L'étude expérimentale montre que ces groupements de molécules pourraient persister jusqu'à une dilution assez grande à côté des molécules libres; d'autre part une perturbation intramoléculaire n'affecterait pas sensiblement cet effet.

La présence des maximums et minimums d'absorption en fonction de la concentration, liée à la variation du moment électrique, semble indiquer qu'il doit exister plusieurs modes de couplage des oscillateurs OH, soit entre eux, soit avec les molécules du solvant.

---

([3]) DUNKEN, JUDENBERG et WOLF, *Z. Phys. Chem.*, B, 49, 1941, p. 43.

([4]) *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 158.

([5]) *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 878.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le parachor des composés ioniques.* Note de M. **Henri Triché**.

On sait que le parachor est une grandeur indépendante de la température, $P = (M/D - d)\,\gamma^{\frac{1}{4}}$; si la température est supposée assez basse pour que $d$ soit négligeable devant D, on a $P = (M/D)\gamma^{\frac{1}{4}}$. Le rapport M/D de la masse moléculaire à la densité est appelé *volume moléculaire*. Ainsi défini, ce volume dépend à la fois du volume réel des molécules et de l'espace intermoléculaire; nous le désignerons par l'expression *volume moléculaire apparent*. Le volume moléculaire réel est, par définition, pour un composé ionique, la somme des volumes de chacun des ions. Nous admettons, et ceci est justifié par la suite des calculs, que, pour une classe de composés analogues (bromures alcalins par exemple), le volume moléculaire réel $V_r$ est proportionnel au volume apparent $V_{app}$. L'expression du parachor est donc $P = V_{app}\gamma^{\frac{1}{4}} = KV_r\gamma^{\frac{1}{4}}$, $V_r$ étant pour un composé formé de deux ions A et B égal à $V_A + V_B$. Or on peut calculer le volume de chaque ion connaissant son rayon ionique; P est donc de la forme $P = K'\Sigma r^3 \gamma^{\frac{1}{4}}$. Les parachors sont donc entre eux dans le même rapport que les volumes réels mesurés à des températures pour lesquelles les tensions superficielles sont égales.

*Résultats.* — Valeurs de $P/\Sigma r^3 = P_1$ (parachor spécifique) dans les sels :

| | Li. | Na. | K. | Rb. | Cs. |
|---|---|---|---|---|---|
| F......... | 27,3 | 37,8 | | 26,3 | 23,7 |
| Cl........ | 14,6 | 18,4 | 18,6 | 19,7 | 18,1 |
| Br........ | 13,5 | 17,2 | 17,4 | | 17,2 |
| I......... | | 16,4 | 15,8 | 16,2 | 16,1 |

Les parachors spécifiques plus élevés des fluorures s'interprètent par leur facile polymérisation ou la formation de fluorures doubles. En admettant que le parachor spécifique des fluorures alcalins est voisin de celui des autres halogénures, on pourrait calculer approximativement le degré d'association ou de polymérisation.

Les valeurs plus faibles des parachors spécifiques des halogénures de lithium peuvent s'expliquer par la configuration électronique particulière de cet alcalin, qui ne possède pas de couche à 8 électrons sous la couche externe.

Pour les autres alcalins, on constate que les parachors spécifiques sont les mêmes pour chaque famille : chlorures (18,7); bromure (17,2); iodure (16,1). On peut conclure que les sels formés par les ions alcalins (sauf Li), associés au même anion, ont le même parachor spécifique.

*Cas des nitrates alcalins.* — Cette règle va nous permettre de calculer le volume moléculaire réel et le parachor spécifique $P_s$ des nitrates alcalins. Soit X le rayon de la sphère de même volume que l'ion $NO^{3-}$. Pour les trois

nitrates (Na, Rb, Cs), on peut écrire

$$\frac{152,9}{X^3+(0,95)^3}=\frac{197,9}{X^3+(1,50)^3}=\frac{218}{X^3+(1,65)^3}=P_s.$$

D'où l'on tire trois valeurs de $X^3$ : 7,86; 7,65; 7,67 et les valeurs correspondantes de X : 1,98; 1,97; 1,97 Å. (Valeur calculée au moyen des rayons de Goldschmidt : 1,90 Å).

*Cas des sulfates alcalins.* — En faisant un calcul analogue pour les sulfates alcalins, on trouve pour le rayon X de la sphère équivalente à l'ion $SO^{4--}$ : 2,21; 2,33; 2,24; 2,04; 2,85 Å. Les deux dernières valeurs un peu aberrantes sont obtenues au moyen des équations où intervient le sulfate de cæsium. (Valeur calculée au moyen des rayons de Goldschmidt : 2,1 Å.)

*Cas des nitrates alcalinoterreux.* — Nous ne connaissons que les parachors des nitrates de strontium et de baryum, ce qui permet de calculer le rayon de la sphère équivalente à l'ion $NO^{3-}$, 1,68 Å. Cette valeur est inférieure à la valeur trouvée pour les nitrates alcalins, 1,97 Å. Bien qu'il eût été préférable de connaître, en particulier, la valeur du parachor du nitrate de calcium, on peut cependant tenter d'expliquer la diminution du rayon. On sait que la grandeur d'un ion n'est pas absolument constante suivant la combinaison où il se trouve; d'autre part les ions ne sont pas indéformables; les ions $NO^{3-}$ dans les nitrates alcalinoterreux sont attirés par un ion dont la charge est double de celle des ions alcalins.

*Conclusion.* — Pour les composés ioniques : 1° on peut caractériser une famille de composés analogues par un nombre, que l'on peut appeler parachor spécifique de la famille; 2° l'étude des parachors permet d'étudier la polymérisation ou l'association moléculaire; 3° le parachor permet de calculer le volume réel d'un ion ou le rayon de la sphère équivalente.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur le grossissement du grain du zinc pur.*
Note de M. **Léon Guillet** fils, présentée par M. Léon Guillet.

Pour modifier la grosseur du grain d'un métal, il faut en général le soumettre à une déformation permanente et le réchauffer au-dessus d'une certaine température dite *température de recristallisation*. La structure des métaux bruts de coulée et refroidis lentement à partir de l'état liquide n'est donc pas modifiée par recuit, en l'absence de points de transformation allotropique. Cependant une exception a été notée pour le cadmium [1] dont le grain grossit par recuit sans déformation intentionnelle. Pour expliquer ce résultat, on a émis [2] l'hypothèse suivante : le cadmium, qui cristallise dans le système hexagonal, est anisotrope et ses coefficients de dilatation diffèrent considéra-

[1] M. Cook, *Trans. Faraday Soc.*, 19, 1923, p. 43.
[2] C. Desch, *Traité de Métallographie*, Londres, 1939.

blement suivant la direction $52{,}6.10^{-6}$ le long de l'axe principal; $21{,}4.10^{-6}$ le long d'un axe perpendiculaire ([3]). Il est donc possible que les efforts internes créés par les différents degrés de contraction dans les grains voisins pendant le

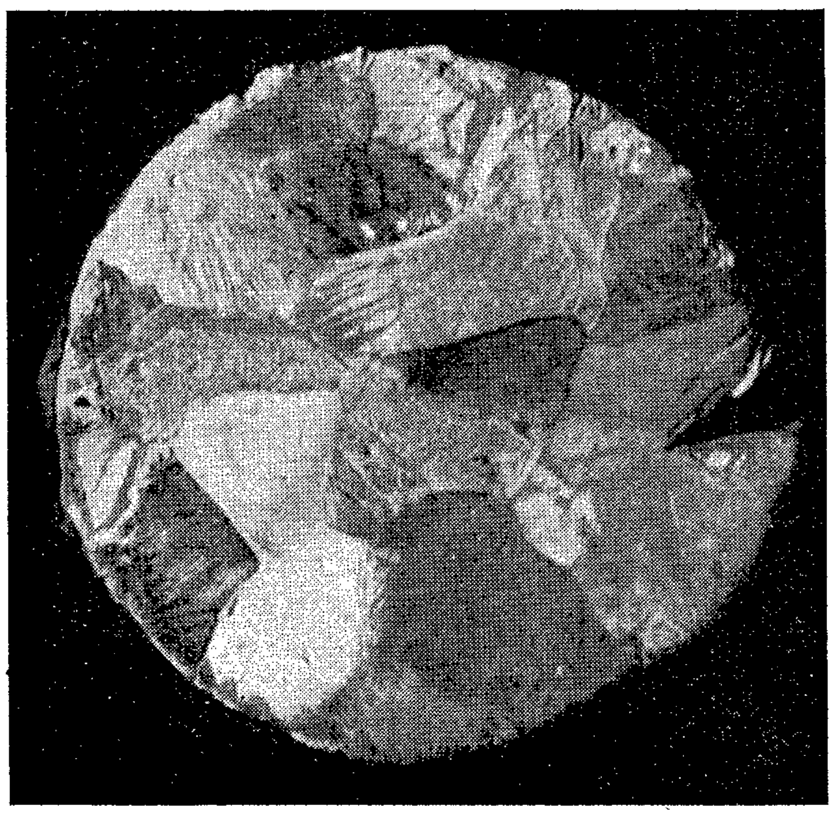


Fig. 1. — Zinc brut de coulée, G = 3.

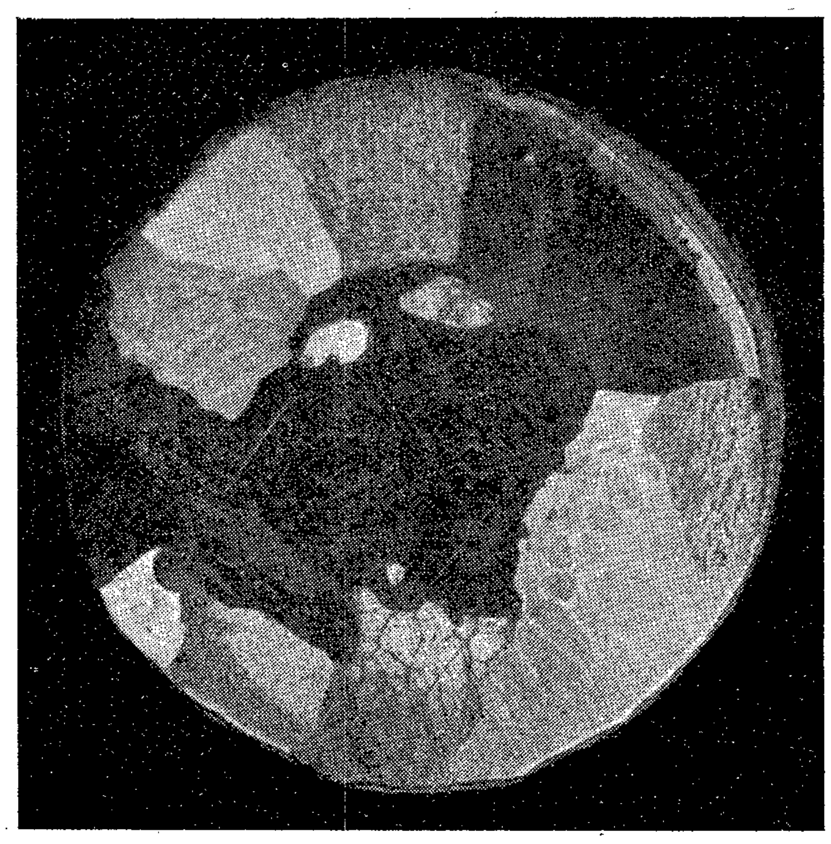


Fig. 2. — Zinc recuit 48 heures à 375°. G = 3.



Fig. 3. — Zinc recuit 240 heures à 375°, G = 3.

refroidissement soient supérieurs à la limite élastique et suffisants pour produire une recristallisation lors d'un recuit ultérieur. Cette hypothèse permet de prévoir que le zinc qui cristallise aussi dans le système hexagonal et est très anisotrope [coefficient de dilatation suivant l'axe senaire $63{,}9.10^{-6}$ et

([3]) E. Grüneisen et E. Goens, *Z. Physik*, 29, 1924, p. 141.

suivant un axe perpendiculaire $14,1.10^{-6}$ (4)] doit présenter le même phénomène. C'est ce que l'expérience a confirmé.

Le zinc utilisé était d'un haut degré de pureté [99,996 %) (5), 0,002 Pb, 0,0003 Fe et 0,001 Cu); il était tourné sous forme de petits cylindres de $20^{mm}$ de diamètre et de $40^{mm}$ de hauteur, introduit dans des moules en sable, fondu à 580° et refroidi lentement à partir de l'état liquide à la vitesse de 10° à l'heure jusqu'à la température ambiante. Quatre échantillons soumis à ce traitement étaient recuits à 375° dans de l'alumine pendant 8, 48, 120 et 240 heures respectivement. Les micrographies 1, 2 et 3 montrent les structures obtenues après polissage électrolytique dans le réactif indiqué par MM. L. Capdecomme, R. Dargent et M. Orliac (6) ($100^{cm^3}$ d'acide perchlorique de densité 1,479 et $900^{cm^3}$ d'acide acétique cristallisable) sous une tension de 10 V. Pendant ce polissage, la structure apparaissait sans qu'il soit nécessaire d'effectuer une attaque ultérieure de l'échantillon. Le phénomène débute avec une grande vitesse (au bout de 8 heures le nombre de grains visibles sur la surface examinée a diminué de moitié) et se ralentit avec le temps puisqu'au bout de 240 heures, l'échantillon est encore polycristallin.

Les métaux déposés électrolytiquement subissent aussi une recristallisation lorsqu'ils sont chauffés sans être soumis à une déformation. C'est le cas du cuivre (7) et du nickel (8). Là aussi les cristaux initiaux sont soumis à des efforts dus en partie à la présence d'hydrogène, de sorte que le phénomène du grossissement du grain peut être d'une nature complexe.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la visibilité des objets éloignés à travers le brouillard.* Note de M. **Jean Bricard**, présentée par M. Charles Maurain.

L'observateur placé en O examine à travers le brouillard un objet éloigné et sombre (dont le pouvoir réflecteur et l'albédo sont négligeables), de contour apparent Γ. En l'absence de brouillard, cet objet est visible au-dessus de l'horizon; il se détache donc sur le nuage lui-même, et ses dimensions sont suffisamment réduites pour que sa présence ne modifie pas le flux lumineux

(4) E. Schmid et W. Boas, *Kristallplastizität*, Berlin, 1935.

(5) Le zinc très pur n'a pas de point de transformation allotropique, comme l'ont montré de nombreux expérimentateurs, en particulier D. Stockdale, *J. Chem. Soc.*, 127, 1925, pp. 2951-2956; C. Bénédicks et R. Arpi, *Z. Anorg. Chem.*, 88, 1914, pp. 237, 254; M. Pierce, E. A. Anderson et P. Van Dyck, *J. Frank. Inst.*, 200, 1925, p. 349; J. R. Freeman, F. Sillers et P. Brandt, *Bureau of Standards Sci.*, Paper n° 522 et enfin A. Schulze, *Z. Metallkunde*, 16, 1924, pp. 48, 54.

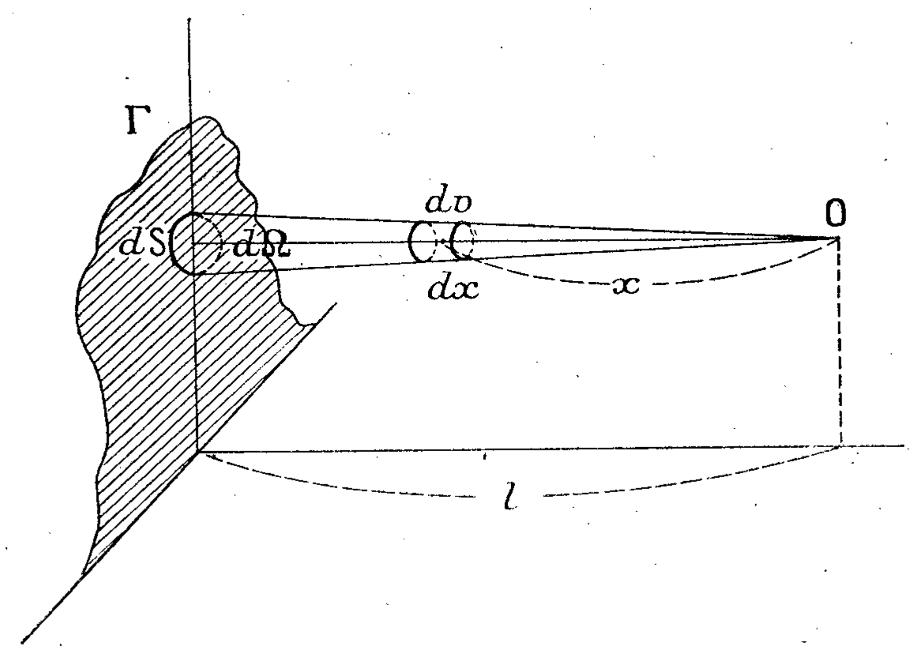
(6) *Métaux*, 17, 1942, p. 53.

(7) A. K. Huntington, *Trans. Faraday Soc.*, 1, 1905, p. 324.

(8) G. E. Gardam et D. J. Macnaughton, *ibid.*, 29, 1933. p. 755.

diffusé par le volume de brouillard contenu dans le cône dont le sommet se trouve au centre de la pupille de l'observateur, et qui s'appuie sur Γ (voir la figure).

Soit un élément de surface $ds$ de l'objet, vu par l'observateur sous l'angle




solide $d\Omega$; considérons un élément de volume $dv$ du cône qui s'appuie sur $ds$, et dont le sommet se trouve au centre de la pupille de l'observateur, situé à la distance $x$ de celui-ci, et soit $dx$ l'épaisseur de cet élément. D'après Koschmedier ([1]), la pupille de l'observateur reçoit, par unité de surface, un flux $d\varphi$ diffusé par l'élément $dv$ tel que

$$d\varphi = \mathrm{KA}\, d\Omega\, dx, \tag{1}$$

où A est un facteur constant; K représente le coefficient de transmission du brouillard, c'est-à-dire la fraction de flux émis par l'élément $dv$, et transmise sans diffusion jusqu'en O par le brouillard intermédiaire.

Les nuages que nous envisageons sont constitués par des gouttes d'eau dont le rayon R est supérieur au double de la longueur d'onde de la lumière ([2]). Or $dv$ ne constitue qu'un élément d'une source lumineuse étendue (couche de brouillard indéfinie d'épaisseur $dx$ située à la distance $x$ de l'observateur) et les phénomènes de diffraction signalés par R. Mecke ([3]), produits par les gouttes se comportant comme des écrans circulaires opaques, n'interviennent pas ici dans l'expression du coefficient de transmission; on peut donc admettre les lois de l'optique géométrique, et écrire que la fraction $d\varphi$ du flux incident $\varphi$, absorbée par une couche d'épaisseur $dx$, est donnée par

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = -\mathrm{N}\pi\mathrm{R}^2\, dx,$$

---

([1]) *Beitr. Z. Phys. der freien Atm.*, **12**, 1924, pp. 33 et 171.

([2]) J. Bricard, *Ann. de Phys.*, 2e sér., **14**, 1940, p. 162.

([3]) *Ann. der Phys.*, **65**, 1921, p. 257; voir aussi A. Kastler, *Actualités scientifiques* (sous presse); J. Bricard, *Journ. de Phys.*, **4**, 1943, p. 57.

N représentant le nombre de gouttes par unité de volume. L'expression (1) devient

$$d\varphi = \mathrm{A}\, d\Omega\, e^{-\mathrm{N}\pi\mathrm{R}^2 x}\, dx. \tag{2}$$

En intégrant cette relation, et en appliquant les conditions limites (brillance de l'objet nulle par hypothèse, brillance d'une couche de brouillard d'épaisseur infinie égale à la brillance $B_0$ du nuage lui-même), on trouve que la brillance apparente B de l'élément $ds$ situé à la distance $l$ de l'observateur est pour celui-ci

$$\mathrm{B} = \mathrm{B}_0(1 - e^{-\mathrm{N}\pi\mathrm{R}^2 l}). \tag{3}$$

Middleton ([4]) définit la limite de visibilité L comme étant la distance à laquelle le contraste d'un objet, avec le fond sur lequel il se détache, devient inférieur à une valeur donnée $\varepsilon$, comprise entre 0,01 et 0,02 pour un observateur normal. Ici, cette limite est déterminée par

$$\frac{\mathrm{B}_0 - \mathrm{B}}{\mathrm{B}_0} = \varepsilon.$$

De (3) il résulte que

$$\mathrm{L} = \frac{\log\frac{1}{\varepsilon}}{\log e}\,\frac{1}{\mathrm{N}\pi\mathrm{R}^2} = \frac{2}{3}\,\frac{\log\frac{1}{\varepsilon}}{\log e}\,\frac{2\mathrm{R}}{m},$$

$m$ désignant la masse d'eau condensée par unité de volume. En posant

$$\mathrm{C} = \frac{2}{3}\,\frac{\log\frac{1}{\varepsilon}}{\log e},$$

on obtient la relation de Trabert ([5])

$$\mathrm{L} = \mathrm{C}\,\frac{2\mathrm{R}}{m}.$$

Pour $\varepsilon = 0{,}01$, on trouve $\mathrm{C} = 3{,}1$; pour $\varepsilon = 0{,}02$, $\mathrm{C} = 2{,}6$. La valeur déterminée expérimentalement ([6]), soit $\mathrm{C} = 2{,}9$, est donc bien en accord avec le calcul exposé ci-dessus. Notons que, dans un brouillard donné, lorsque l'on cherche à distinguer nettement les contours d'un objet sombre, la limite de visibilité ne semble pas dépendre sensiblement des dimensions angulaires de celui-ci, pourvu qu'elles restent supérieures à 0°,3 environ.

---

([4]) *Visibility in Meteorology*, p. 43, Toronto, 1935.

([5]) *Met. Zeits.*, **18**, 1901, p. 518.

([6]) Richardson, *Proc. Roy. Soc.*, A, **96**, 1920, p. 19; J. Bricard, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 439.

PHYSIOLOGIE. — *Étude comparative des modifications d'excitabilité nerveuse dans les principales avitaminoses.* Note de M. **Paul Chauchard**, présentée par M. Louis Lapicque.

Le système nerveux, très sensible aux effets de carence vitaminique, réagit au manque ou à l'insuffisance de beaucoup de ces substances indispensables au chimisme cellulaire, par des troubles fonctionnels ou des lésions caractéristiques. La méthode chronaximétrique, technique d'exploration quantitative précise du fonctionnement nerveux, s'est déjà révélée précieuse dans ce domaine ([1]); nous l'avons employée pour une étude systématique des troubles nerveux dans les principales avitaminoses (A, $B_1$, $B_2$, C et D). Nos expériences portant sur des Rats ou, pour le scorbut, des Cobayes, soumis aux diverses carences, effectuées par notre technique habituelle (mesures percutanées sur l'animal intact, étude des effets de l'anesthésie ou de la section des nerfs ([2]), nous ont conduit aux résultats d'ensemble suivants :

1° Toutes les avitaminoses étudiées retentissent sur le système nerveux, mais il en existe deux types, celles où les chronaxies nerveuses sont diminuées, indice d'excitation : avitaminoses A, $B_1$, $B_2$; celles où les chronaxies augmentent, action dépressive : avitaminoses C (scorbut) et D (rachitisme) et stade initial de l'avitaminose $B_1$. Ces deux types doivent correspondre à des déviations métaboliques opposées : en effet dans les avitaminoses du groupe B, R. Lecoq a mis en évidence un état d'acidose qu'il considère comme responsable des troubles nerveux, tandis que le rachitisme s'accompagne d'après lui, d'alcalose; le scorbut expérimental est aussi alcalogène ([3]). Or des recherches antérieures (Altenburger et Kroll), que nous avons confirmées et étendues ([4]), ont montré que l'acidose faisait diminuer et l'alcalose augmenter les chronaxies nerveuses.

2° Dans tous les cas, les variations de chronaxie observées sur le nerf moteur ou sensitif ne traduisent pas l'atteinte directe de ce nerf : on obtient après séparation du nerf d'avec les centres la même chronaxie (dite de constitution) sur les sujets carencés et les animaux normaux. Il s'agit du retentis-

([1]) G. Mouriquand, A. Leulier et G. Morin, *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 485; A. Chevallier et L. Espy, *ibid.*, **121**, 1936, p. 820 et **122**, 1936, p. 217; G. Bourguignon et G. Banu, *ibid.*, **84**, 1921, p. 785; G. Morin et J. Boucomont, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 509.

([2]) Paul Chauchard, *Revue Scientifique*, **72**, 1941, p. 620; *C. R. Soc. Biol.*, **136**, 1942, p. 702; B. et P. Chauchard et A. Raffy, *ibid.*, **137**, 1943, p. 45; B. et P. Chauchard, *ibid.*, **137**, 1943, p. 135.

([3]) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **120**, 1935, p. 958; *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 938; L. Randoin, A. Raffy et Aguirrezabala, *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 621.

([4]) B. et P. Chauchard, H. Mazoué et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 264.

sement d'un trouble fonctionnel siégeant au niveau des centres nerveux encéphaliques [phénomène de subordination de L. Lapicque ([5])]. Dans les carences par vitamines hydrosolubles ($B_1$, $B_2$, C), on observe une métachronose typique de subordination, elle disparaît sur l'animal anesthésié où la chronaxie de constitution normale apparaît. Avec les carences par vitamines liposolubles (A et D), le trouble fonctionnel est plus étendu et atteint, non seulement l'encéphale, mais aussi la moelle; la métachronose subsiste alors après anesthésie. Rappelons que cette sensibilité plus grande aux vitamines liposolubles s'observait déjà pour l'action pharmacologique de ces vitamines ([6]).

3° S'il existe des lésions nerveuses de polynévrite (avitaminoses A, $B_1$, $B_2$), elles n'entraînent aucune modification de la chronaxie de constitution des fibres nerveuses, absolument comme au cours de la dégénérescence wallérienne après section du nerf (Titeca). L'interruption des fibres nerveuses peut se déceler par l'augmentation consécutive des chronaxies des fibres musculaires ainsi privées de leur innervation. Divers arguments, notamment le décalage entre l'action centrale précoce de l'avitaminose et son effet polynévritique plus tardif, plaident en faveur d'une conception unitaire voyant dans les troubles centraux l'origine des lésions périphériques ([7]).

L'analyse chronaximétrique des troubles nerveux avitaminosiques se montre ainsi très fructueuse, précisant le siège et le mode d'action de la carence. Ses données s'accordent avec les observations classiques : la diminution des chronaxies nerveuses par trouble encéphalique dans l'avitaminose $B_1$ avec l'existence de crises convulsives cérébelleuses; la métachronose analogue de l'avitaminose A avec l'excitation des animaux carencés; l'augmentation des chronaxies dans le scorbut est parallèle à l'asthénie des sujets qui apparaît ainsi comme d'origine non pas périphérique, mais encéphalique. De plus elle permet de déceler des troubles latents du fonctionnement nerveux ne se manifestant pas encore (précarence), ou qui ne se manifesteront jamais par des signes cliniques, comme ce fut souvent le cas dans nos expériences. Cette méthode est donc un test très sensible, particulièrement précieux pour l'étude des états de carence; elle permet également de suivre la correction de ces états par l'apport de substances variées dont on peut ainsi apprécier l'activité vitaminique.

A $16^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h$.

A. Lx.

---

([5]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 139.
([6]) P. Chauchard, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 130.
([7]) P. Chauchard, *Revue Neurologique*, 75, 1942, p. 134.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 17 MAI 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

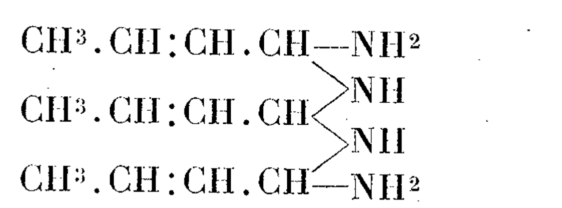
## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'ammoniaque sur l'aldéhyde crotonique.* Note de M. **Marcel Delépine.**

Malgré la simplicité des substances mises en œuvre, l'action de l'ammoniaque sur l'aldéhyde crotonique n'a pas été l'objet d'investigations approfondies. En 1879, en chauffant l'aldol avec l'ammoniaque en tube scellé à 140-180°, Würtz obtint un peu d'une base cristallisée soluble dans l'eau ([1]) que, peu après, il eut plus commodément en chauffant à 100°, en vase clos, l'aldéhyde crotonique avec l'ammoniaque concentrée en excès ([2]). Cette base, qu'il appela tricrotonylénamine, est une substance fort bien cristallisée, formant un hexahydrate $C^{12}H^{24}N^4, 6OH^2$, dont il décrivit divers sels (trichlorhydrate, trinitrate, chloroplatinates et chloraurates de compositions variées).

Pour Würtz, la constitution de la tricrotonylénamine découlait de la synthèse et il l'exprimait par la formule (I), se proposant de le justifier en préparant les dérivés éthylés, ce qu'il ne fit d'ailleurs jamais.

(I) $3C^4H^6O + 4NH^3 = 3OH^2 + (C^4H^6)^3N^4H^6$, soit 

Lors d'un travail exécuté en 1907 ([3]) sur l'aldéhydate d'ammoniaque et une soi-disant hexaéthylidène-tétramine $(CH^3.CH:)^6N^4$ décrite par Kudernatsch, j'ai eu précisément à démontrer que cette dernière substance était identique avec la base de Würtz et, pour ce faire, j'ai dû préparer à nouveau celle-ci; parmi diverses observations, j'avais annoncé, sans plus, qu'elle était accompagnée d'un isomère et suggéré une constitution différente de celle de

([1]) *Comptes rendus,* 88, 1879, p. 940.

([2]) *Ibid.*, 88, 1879, p. 1154.

([3]) *Ibid.*, 144, 1907, p. 1125; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 3, 1908, p. 641.

Würtz. Il est curieux que Würtz n'ait pas parlé dudit isomère, car sa quantité l'emporte notablement sur celle du corps qu'il a isolé. Cela tient sans doute à ce qu'il purifia celui-ci par plusieurs cristallisations dans l'eau bouillante, sans s'occuper de ce qui était resté dissous; comme la seconde base est extrêmement soluble, elle a ainsi échappé. Dans cette Note, je me contenterai de décrire la préparation et les propriétés des deux isomères, en appelant tricrotonylidène-tétramine *a* ou base *a* la base de Würtz et tricrotonylidène-tétramine *b* ou base *b*, son isomère.

*Préparation des bases a et b.* — On verse peu à peu, en agitant, 210$^{g}$ d'aldéhyde crotonique (3$^{mol}$) dans 350$^{g}$ d'ammoniaque à 22 % (4$^{mol}$,5). Comme l'a indiqué Würtz, il y a échauffement; on obtient un liquide épais, presque incolore, plus dense que l'eau, indice d'une contraction considérable, puisque l'aldéhyde crotonique et l'ammoniaque employés ont respectivement pour densités 0,86 et 0,92. Si l'on a combattu l'échauffement de façon à ne pas dépasser quelques degrés au-dessus de 0°, le liquide obtenu reste tel pendant des journées; évaporé dans le vide, à froid, il s'épaissit en une masse molle parsemée de rares cristaux. Si l'on a opéré en partant de la température ordinaire et permis un échauffement d'une quinzaine de degrés, le liquide refroidi paraît riche en cristaux, mais il n'y en a guère après essorage et lavage sommaire à l'acétone que 36$^{g}$. (Théorie pour la base hexahydratée, 334$^{g}$.) Le filtrat est très poisseux.

J'ai alors observé que la réaction se fait certainement en deux temps; dans le premier, il y a formation d'une base très soluble, qui n'a pas été isolée, accompagnée de plus ou moins des deux tricrotonylidène-tétramines, selon que l'on n'a pas ou que l'on a combattu l'échauffement. Si, après avoir séparé les cristaux éventuellement formés en l'espace de 2 ou 3 jours, on attend une dizaine de jours encore, il ne s'en forme pour ainsi dire pas de nouveaux, tandis que si, sans s'astreindre à opérer en vase scellé comme Würtz, l'on chauffe le liquide au bain-marie (avec addition éventuelle d'un peu d'ammoniaque), on observe, après refroidissement, une très notable cristallisation. On doit donc, pour assurer cette transformation, opérer de la façon suivante : on verse peu à peu l'aldéhyde crotonique en agitant, dans l'ammoniaque refroidie vers 0°; on abandonne le mélange, en vase bien bouché, pendant 1 ou 2 jours à la température ordinaire, puis on le porte en vase couvert (ou muni d'un reflux) pendant une heure au bain-marie bouillant. On laisse refroidir au moins deux journées. Il se forme une abondante cristallisation que l'on essore à fond en lavant avec un peu d'acétone (ce que l'on fera aussi dans les opérations ultérieures). Cette première récolte contient beaucoup de base *a*.

Le liquide filtré est évaporé dans le vide aux deux tiers environ; on ne doit pas concentrer trop à la fois, sinon on ne peut plus essorer. Après refroidissement, il se sépare une forte cristallisation contenant beaucoup de base *b* qu'on n'essore qu'après 1 ou 2 jours, la viscosité du milieu ne permettant qu'une lente désaturation. Une ou deux nouvelles concentrations des eaux mères donnent encore des cristaux, puis on arrive à un résidu qu'il est plus simple de dissoudre dans 2 parties d'acétone pour récolter les cristaux séparés après un repos prolongé. Après ces opérations, il reste une masse visqueuse foncée plus difficile à traiter. On peut cependant la distiller dans un bon vide et en retirer surtout de la base *b*, anhydre passant vers 150° sous 3$^{mm}$. On change celle-ci en base cristallisée, hydratée, en la dissolvant dans 2 p. d'acétone additionnée d'eau dans la proportion de 40 à 50 % du poids de la base anhydre. Au cours des opérations, les eaux de lavage acétoniques sont ajoutées aux liquides à concentrer.

On obtient ainsi divers lots qu'il faut purifier. La marche des opérations est guidée par l'observation que la base *a* hexahydratée se dissout vers 15° dans 28 p. d'eau (env. 40 p.

pour 1 de base anhydre) et la base *b* dans 2 p. d'eau (soit 3,5 p. pour 1 de base anhydre). Pour une première purification, on dissout les divers lots à chaud dans 2,5 p. d'eau distillée : ce qui cristallise est surtout de la base *a* qu'une ou deux reprises dans 2,5 p. d'eau bouillante laissent pure. La base *b* est plus difficile à obtenir pure; les eaux mères des cristallisations précédentes étant concentrées à environ la moitié (soit dans le vide, soit par évaporation spontanée à l'air) la laissent déposer nécessairement en mélange avec de la base *a*; la nouvelle eau mère en contient un peu moins, mais toutefois dans la mesure où la solution saturée de base *b* peut la dissoudre. Un bon moyen de voir quelle proportion de base *a* contient un échantillon riche en base *b* consiste à dissoudre celui-ci à chaud dans 2 p. d'eau saturée de base *a*; par refroidissement, la base *a* se sépare; on s'assure de sa qualité en la reprenant par 3 p. d'eau bouillante; la solution refroidie doit cristalliser abondamment; cette constatation ne fournit évidemment pas un mode de séparation, mais elle montre que la proportion restante de base *a* est de l'ordre de 5 %. On peut aussi s'appuyer sur la propriété du trichlorhydrate de la base *a* d'être peu soluble dans l'acide chlorhydrique (fait signalé par Würtz), tandis que celui de la base *b* s'y dissout aisément. On prend, par exemple, $1^g$ de base hexahydratée et $1^{cm^3},2$ d'acide chlorhydrique concentré et l'on tiédit pour dissoudre; s'il se sépare des cristaux après repos à froid, c'est qu'il y a de la base *a*. On rend l'essai encore plus sensible en se servant d'acide chlorhydrique saturé de trichlorhydrate *a*. On essore fortement, lave à l'alcool fort et pèse; pour régénérer la base *a* on dissout le chlorhydrate dans 3 ou 4 p. d'eau et ajoute $1^{cm^3}$ de soude 10N par gramme. On peut ainsi constater qu'un échantillon qui ne donne rien dans l'essai à l'eau peut cependant contenir de la base *a* d'après l'essai à l'acide chlorhydrique.

La solution chlorhydrique ne contient pratiquement plus que de la base *b*. Pour extraire celle-ci, on triture cette solution soigneusement avec un fort excès de carbonate de potassium sec que l'on ajoute peu à peu. Après cessation de mousse, on épuise la pâte avec de l'alcool à 95°; évaporé, celui-ci laisse une base *b* qui ne donne pas de cristallisation par l'essai chlorhydrique. La base est alors purifiée par dissolution dans son poids d'eau bouillante ou bien dans 4 p. d'acétone bouillante, filtration et refroidissement. Dans le premier cas, on obtient l'hexahydrate $C^{12}H^{24}N^4.6OH^2$; dans le second, le tétrahydrate $C^{12}H^{24}N^4.4OH^2$.

Partant de $210^g$ d'aldéhyde crotonique, on isole environ $50\text{-}60^g$ de base *a*, $160\text{-}170^g$ de base *b*, hexahydratées et des queues dont la distillation fournit encore notablement de base *b*. Pendant toutes ces opérations, les solutions dégagent nettement une odeur d'aldéhyde-collidine $C^8H^{11}N$.

Propriétés. — *Isomère a.* — Il forme l'hexahydrate $C^{12}H^{24}N^4.6OH^2$, en beaux cristaux décrits par Würtz. Hexahydratée, la base *a* fond vers 70°, avec solidification subséquente, si l'eau peut s'échapper; elle perd rapidement son eau dans le vide sulfurique en s'opacifiant; la base anhydre devient alors très soluble dans le chloroforme, l'éther, l'acétone, le benzène, alors que l'hydrate l'était beaucoup moins, sinon pas; il suffit d'agiter ces solutions avec un peu d'eau pour provoquer la séparation de cristaux d'hydrate (phénomènes observés déjà par Kudernatsch avec son hexaéthylidène-tétramine, ce qui est naturel puisque c'était le même corps, et que j'avais signalés aussi pour la triéthylidène-triamine ou aldéhydate d'ammoniaque anhydre). La base anhydre reprend ses $6OH^2$ à l'air, en l'espace de quelques jours; elle fond à 102°.

L'hydrate cristallisé dans 6 p. d'acétone bouillante se dépose avec le même

taux d'hydratation. Trouvé, perte dans le vide, 31,9 au lieu de 32,5 % calculé. A 14°, l'acétone en dissout 2,64 %, soit 1 p. dans 38.

*Isomère b*. — Il se dépose de sa solution aqueuse sous forme d'hexahydrate, en aiguilles incolores, solubles en 2 p. d'eau à froid; de même, d'une solution d'acétone contenant 1/10 d'eau, mais si l'on dissout à l'ébullition une partie de base hexahydratée dans 3,2 p. d'acétone bouillante, c'est d'abord un tétrahydrate $C^{12}H^{24}N^{4}.4OH^{2}$ qui se sépare en prismes parallélogrammiques allongés, lors du refroidissement (77 % de cristaux); la concentration de l'acétone mère donne ensuite de l'hexahydrate. *Analyses*. — Hexahydrate; trouvé % C 43,6; H 10,9; N 17,0; perte dans le vide, 32,2 au lieu de respectiv., 43,33; 10,92; 16,85 et 32,5. Tétrahydrate; trouvé, perte dans le vide, 24,3-25,0 au lieu de 24,3. L'acétone dissout à 14°, 6,1 % de base tétrahydratée; les différences avec l'isomère *a* sont moins tranchées que vis-à-vis de l'eau.

Les deux hydrates fondent vers 65° (f. inst.). Desséchés sur l'acide sulfurique dans le vide, ils ne laissent pas, comme celui de la base *a*, un corps solide, mais une masse transparente, à peine fluide, qui se volatilise un peu à la longue. La base anhydre, exposée à l'air, reprend rapidement 4, puis 6$^{mol}$ d'eau en se solidifiant; elle se comporte envers les solvants, éther, chloroforme, benzène, acétone, comme la base *a* : séparation rapide d'hydrate si l'on ajoute un peu d'eau ou si on laisse à l'air. Distillation sous 3$^{mm}$ vers 150°, sans décomposition.

Les caractères des bases *a* et *b* ne laissent aucun doute qu'un mélange de ces bases ne soit ce corps que A. Combes ([1]) décrivit en 1883, comme résultat de l'action de l'ammoniaque à —20° sur l'aldéhyde crotonique en solution éthérée. Malgré une analyse de Combes concordant bien avec la formule $C^{8}H^{16}ON^{2}$, je n'hésite guère à affirmer que ce sont les tricrotonylidènetétramines (mélangées) que ce savant a eues entre les mains. « Ce corps [le sien] » écrit-il « passe difficilement à 200° dans le vide; il absorbe rapidement l'eau avec dégagement de chaleur pour former un corps blanc cristallisé qui s'obtient facilement en ajoutant de l'eau à la solution éthérée; il s'unit à l'acide chlorhydrique pour donner un sel qui cristallise facilement etc. » Au surplus, j'ai reproduit l'expérience de Combes et trouvé que la base distillée reprise par l'eau donnait successivement la base *a* et la base *b*, caractérisées par leurs solubilités, leurs hydrates, leurs points de fusion etc. Combes terminait sa Note en disant que les corps obtenus feraient l'objet d'une prochaine Communication; pas plus que Würtz, il ne revint sur ce sujet.

---

([1]) *Comptes rendus*, 96, 1883, p. 1862.

ANATOMIE COMPARÉE. — *La surface de section de la substance blanche de la moelle et la dimension linéaire des éléments nerveux en fonction du poids du corps chez les Mammifères et les Oiseaux.* Note de MM. **Louis Lapicque, Jacques Nouvel** et M^me **Thérèse Senègre.**

L'année dernière, l'un de nous a communiqué à l'Académie le résultat d'une première série de mesures chez des Mammifères de tailles diverses, relatives à la surface de section de la substance blanche de la moelle au-dessous du bulbe ([1]). Il est apparu que la relation de cette surface au poids du corps s'exprimait fort bien, comme la relation du poids de l'encéphale au poids du corps, par une loi parabolique de la forme

$$y = ax^b,$$

mais avec la valeur 0,46 au lieu de 0,56 pour l'exposant et une valeur du coefficient égale pour toutes les familles. Ce résultat, à certains points de vue paradoxal, avait besoin d'être contrôlé, car il était établi sur des espèces trop peu nombreuses, et d'ailleurs seulement chez des animaux domestiques, cas où l'on observe parfois des relations anormales entre les grandeurs nerveuses et somatiques. Nous avons repris la question sur des matériaux plus variés, avec le même procédé, coupes histologiques sur pièces préalablement fixées au formol, coloration au Weigert, dessin sur projection à grossissement convenable, 10 à 50 diamètres, et détermination par pesée de la surface occupée par la substance blanche. Voici une première série de chiffres.

| Espèce. | Poids du corps (en g). | Surface médullaire (en mm²). | $\frac{S}{P^{0,46}}$. |
|---|---|---|---|
| Bison | 415 000 | 121 | 0,38 |
| Biche | 150 000 | 82 | 0,34 |
| Lama | 90 000 | 52 | 0,28 |
| Homme | 66 000 | 64 | 0,39 |
| Femme | 56 000 | 53 | 0,36 |
| Daim | 30 000 | 43 | 0,35 |
| Chien (moyen) | 17 000 | 34 | 0,38 |
| Chimpanzé | 15 000 | 32 | 0,39 |
| Cynocéphale | 6 000 | 25 | 0,40 |
| Chat | 2 000 | 13 | 0,39 |
| Rat | 250 | 5,3 | 0,40 |
| Souris | 20 | 1,5 | 0,39 |

Tous les coefficients calculés à partir de la puissance 0,46, celui du Lama mis à part, sont voisins les uns des autres et donnent comme moyenne 0,38. Ceci confirme le travail précédent ([2]); il faut souligner la rigueur avec

([1]) *Comptes rendus,* **214**, 1942, p. 697.

([2]) Ce travail, considérant, à l'exemple de Stilling, la moitié seulement de la moelle, donnait au coefficient la valeur $0{,}18 \pm 0{,}02$.

laquelle est établie la puissance 0,46, puisqu'il n'apparaît aucune variation systématique du coefficient pour une variation du poids du corps allant de 1 à 20 000. Les variations spécifiques sont remarquablement petites, étant donné qu'il s'agit en général de chiffres individuels.

Nous avons examiné de même les Oiseaux, qui avaient à peine été abordés dans le travail précédent.

| Espèce. | Poids du corps (en g). | Surface médullaire (en mm²). | $\frac{S}{P^{0,46}}$. |
|---|---|---|---|
| Pélican blanc....... | 8 500 | 10,9 | 0,17 |
| Dindon............ | 4 500 | 6,6 | 0,14 |
| Pélican roux........ | 2 800 | 7,0 | 0,18 |
| Coq.............. | 2 130 | 7,0 | 0,20 |
| Grue.............. | 1 700 | 6,3 | 0,20 |
| Aigrette.......... | 730 | 3,1 | 0,21 |
| Perdrix........... | 251 | 2,4 | 0,17 |
| Poule d'eau........ | 205 | 2,2 | 0,19 |
| Mouette........... | 198 | 1,9 | 0,18 |
| Petit Perroquet..... | 125 | 2,1 | 0,22 |
| Petite Colombe..... | 44 | 0,8 | 0,15 |
| Perruche ondulée... | 29 | 0,8 | 0,17 |
| Chardonneret....... | 12 | 0,5 | 0,16 |

Les logarithmes des surfaces médullaires ayant été portés en ordonnées et les logarithmes des poids corporels en abscisses, on vit les points se répartir autour d'une droite à 46 % de pente. On supposa donc qu'on pouvait faire le calcul sur la même puissance du poids du corps que pour les Mammifères, et en effet, comme il apparaît dans la 3^e^ colonne du tableau ci-dessus, les coefficients ainsi calculés, s'ils sont un peu plus dispersés que pour les Mammifères, ne montrent aucune variation systématique avec la décroissance du poids corporel qui varie dans la proportion de 700 à 1.

L'exposant est donc effectivement le même. Mais le coefficient en moyenne 0,18, est environ deux fois plus petit que chez les Mammifères; il ne suit nullement, d'une famille à une autre, les variations du coefficient de l'encéphale.

Ces données ouvrent la porte à d'intéressantes spéculations que nous laisserons de côté pour le moment, visant exclusivement à établir et à préciser des faits. A ce point de vue, nous avons aussi repris la détermination de la loi suivant laquelle le calibre des fibres nerveuses varie avec le poids du corps. Le travail précédent avait indiqué pour le nerf phrénique la proportionnalité du diamètre à la puissance 0,12 ou 0,13 du poids du corps. Sur ce même nerf, nous avons trouvé, entre le Cheval et la Vache d'une part, le Rat sauvage, d'autre part, en passant par la Marmotte, une variation du diamètre des fibres suivant la puissance 0,12 du poids du corps. Sur le grand hypoglosse, une Biche, un Daim et un Rat ont donné la puissance 0,08.

La question, difficile à traiter d'une façon rigoureuse au point de vue

technique, ne comporte probablement pas au point de vue objectif une règle parfaitement fixe; nous nous proposons de continuer la recherche qui d'ailleurs, indépendamment du point de vue purement statistique, donne lieu à d'intéressantes considérations physiologiques. En attendant, l'approximation actuelle des observations permet évidemment, pour schématiser l'accroissement linéaire des éléments nerveux en fonction du poids du corps, d'utiliser la puissance 0,10 qui rentre avec une facilité particulière dans certains calculs théoriques.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Essais de lois fondamentales pour les grandeurs nerveuses en fonction du poids corporel.* Note de M. **Louis Lapicque**.

Eugène Dubois a établi empiriquement, pour la relation du poids de l'encéphale E au poids du corps P, la loi $E = KP^{0,56}$, constamment vérifiée, et étendue à tous les Vertébrés. Il y deux ans, j'ai de même établi (¹), pour le nombre N des fibres nerveuses de la vie de relation dans les nerfs médullaires la loi $N = nP^{0,26}$, et plus récemment, pour la surface de section de la substance blanche de la moelle cervicale S au poids du corps P, la loi $S = mP^{0,46}$, vérifiée et étendue aux Oiseaux par la Note ci-dessus. Cette surface représente la somme des surfaces de section de toutes les fibres nerveuses qui, dans un sens et dans l'autre, font communiquer l'encéphale avec le tronc et les membres; autrement dit, elle est égale au produit du nombre de ces fibres par leur section moyenne. Il suffit d'un coup d'œil comparatif au microscope sur la moelle d'un grand animal et celle d'un petit pour reconnaître que les fibres du premier sont plus larges que celles du second; mais, dans chacun de ces cas, les fibres, très nombreuses, présentent pêle-mêle des calibres très hétérogènes. Soit la numération, soit la mesure de la grosseur moyenne de ces fibres, est pratiquement impossible. Au contraire, un nerf relativement simple, par exemple un nerf essentiellement moteur comme le phrénique ou l'hypoglosse, présente, outre une petite proportion de fibres beaucoup plus grêles appartenant à la vie de nutrition, des fibres à peu près égales entre elles, dont les grosseurs, quand on construit le polygone de fréquence, se rassemblent en un groupe assez étroit avec un seul maximum, parfois avec deux maxima très voisins. Dans un cas comme dans l'autre, on peut fixer une grosseur caractéristique et comparer à ce point de vue des animaux de tailles différentes.

Une première série de déterminations (²) m'avait conduit à admettre que le diamètre des fibres variait suivant la puissance 0,12 ou 0,13 du poids du corps. Une deuxième série donne des exposants de 0,12 d'une part, 0,08 d'autre

---

(¹) L. Lapicque, Desoille et Desoille-Merlhes, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 894; L. Lapicque, A. Pezard et Th. Senègre, *Ibid.*, p. 897.

(²) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 697.

part. Les fibres en question sont, pour la plus grande part des fibres motrices; pour une part, assez importante, d'après Sherrington, des fibres de sensibilité musculaire. Fibres centripètes et fibres centrifuges ne se séparent pas les unes des autres quand la grandeur de l'animal croît ou décroît; elles suivent donc la même loi. Simplifiant et généralisant à titre d'hypothèse provisoire, admettons que n'importe quelle dimension linéaire homologue des éléments nerveux varie proportionnellement à la puissance 0,10 du poids du corps; ceci nous conduit pour les volumes cellulaires à la puissance $0,10 \times 3 = 0,30$. Or Eugène Dubois ([3]) a trouvé la valeur 0,28 en calculant, d'après les chiffres de divers auteurs, l'exposant en question pour trois espèces de cellules nerveuses, cellules du ganglion spinal, cellules motrices de la corne antérieure de la moelle, cellules psychomotrices de l'écorce cérébrale, ce qui peut être considéré comme une vérification de la loi de dimension linéaire $L = lP^{0,10}$. Nous avons d'autre part une loi de nombre $N = nP^{0,26}$, que nous généralisons de même. La combinaison de ces deux lois permettrait de reconstituer la loi empirique de la surface médullaire. En effet, la surface de section de la substance blanche médullaire S est le produit du nombre des fibres, toujours $N = nP^{0,26}$, par la section moyenne d'une fibre, proportionnelle au carré de $L = lP^{0,10}$, soit $sP^{0,20}$. On a ainsi

$$S = nP^{0,26} \times sP^{0,20} = nsP^{0,46},$$

$n$ et $s$ étant des constantes, c'est bien la relation que nous avons trouvée empiriquement.

Il semblerait qu'on peut reconstituer de même la loi empirique des poids de l'encéphale. En effet, confondant pour raison de simplicité le poids et le volume, l'encéphale E peut se représenter comme produit du volume moyen d'un élément, proportionnel au cube de la dimension linéaire, soit $V = vP^{0,30}$, par le nombre des éléments, $N = nP^{0,26}$. On a ainsi

$$E = nP^{0,26} \times vP^{0,30} = nvP^{0,56}.$$

La relation des grandeurs nerveuses diverses avec le poids du corps dépendrait ainsi de deux lois fondamentales, une loi de nombre et une loi de dimension linéaire. Les puissances bizarres 0,56 et 0,46 seraient expliquées, ou du moins ramenées à d'autres fonctions qui tombent plus facilement sous le sens et permettent des raisonnements.

Voici un tel raisonnement qui m'est apparu d'abord comme une objection à cette façon de se représenter les choses et qui, au contraire, s'y laisse objectivement ramener.

J'ai reconnu, il y a bien longtemps ([4]) que, entre espèces semblables le diamètre de l'œil varie comme la racine huitième du poids du corps; soit, pour la surface rétinienne, une variation proportionnelle à la puissance 1/4 ou 0,25

([3]) *Proc. K. Akad. v. Wettensch. d'Amsterdam*, 25, 1922, p. 242.
([4]) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 210.

du poids du corps. C'est, d'une manière pratiquement exacte, notre loi de nombre, et non la loi de surface; il ne reste pas de place pour introduire notre loi de dimension, ni aucune loi de dimension; cette donnée solidement établie au point de vue expérimental, et valide chez les Oiseaux comme chez les Mammifères, ne peut être raccordée avec les calculs ci-dessus qu'en supposant que la grandeur des éléments rétiniens n'est nullement fonction de la grandeur du corps.

Cette supposition me paraissait peu vraisemblable, mais, pour savoir ce qu'il en est réellement, je suis allé demander à M. Rochon-Duvigneaud, éminent spécialiste de l'anatomie comparée de l'œil, s'il pouvait me dire comment variait la grandeur des éléments rétiniens avec la grandeur de l'animal; dès que je lui eus posé la question, M. Rochon-Duvigneaud s'écria : « Il y a là quelque chose de bien extraordinaire; cette grandeur est invariable; elle est la même chez un Aigle que chez une petite Mésange ». Cette donnée expérimentale qui répond d'une façon si frappante à ma préoccupation n'avait pas été publiée; M. Rochon-Duvigneaud la réservait pour un livre en cours d'impression; à ma demande il a bien voulu en rédiger un court exposé pour l'Académie. C'est avec satisfaction que je présente, pour être insérée dans nos *Comptes rendus* (p. 673), cette constatation d'un fait paradoxal exigé par ma théorie.

Mais, d'autre part, on sait que la rétine provient d'un bourgeon cérébral, par conséquent est homologue, non à un organe nerveux périphérique, mais à une portion d'écorce cérébrale. Devrait-elle être considérée comme un échantillon de cette écorce, révélant une loi quantitative différente de celle qui se déduisait du rapprochement entre les lois des organes périphériques et la loi globale de Dubois? Les vérifications directes sont difficiles sur un organe à la fois si complexe et si hétérogène, avec ses zones architectoniques distinctes. Quelques essais préliminaires pour comparer les cerveaux du Rat, du Chat et de l'Homme conduiraient, pour la dimension moyenne, sinon du neurone cérébral, du moins de l'espace unitaire correspondant à chaque élément neuroformateur, tant neuroblaste que spongioblaste, à l'invariance par rapport à la taille de l'animal. Ceci serait en accord avec la constatation sur la rétine. Mais alors la loi du volume cérébral ne peut plus être déduite comme nous avions cru pouvoir le faire. Une fois de plus, le cerveau semble se jouer de nos raisonnements; j'espère continuer ces études.

## CORRESPONDANCE.

### ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Solution nouvelle de l'équation* $\Delta_3 U = U$. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

On sait que si, dans l'équation

$$\Delta_2 U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = U,$$

on fait le changement de variables

$$x+iy=(X+iY)^2,$$
$$x-iy=(X-iY)^2,$$

on est conduit à introduire des fonctions hypergéométriques confluentes de Weber. Montrons que ces mêmes fonctions se rencontrent dans l'étude de l'équation

$$\Delta_3 U=\frac{\partial^3 U}{\partial x^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial y^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial z^3}-3\frac{\partial^3 U}{\partial x\,\partial y\,\partial z}=U.$$

Faisons en effet le changement de variables analogue au précédent,

$$x+y+z=(X+Y+Z)^2,$$
$$x+jy+j^2z=(X+jY+j^2Z)^2,$$
$$x+j^2y+jz=(X+j^2Y+jZ)^2,$$

c'est-à-dire

$$x=X^2+2YZ,$$
$$y=Z^2+2XY,$$
$$z=Y^2+2XZ,$$

l'équation devient

$$\frac{\partial^3 U}{\partial X^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial Y^3}+\frac{\partial^3 U}{\partial Z^3}-3\frac{\partial^3 U}{\partial X\,\partial Y\,\partial Z}=8(X^3+Y^3+Z^3-3XYZ)U.$$

On obtiendra une disjonction en cherchant des solutions de la forme

$$U=e^{X^2+2YZ}F(r)G(s)$$

avec

$$r=2X-Y-Z,$$
$$s=\sqrt{3}(Y-Z),$$

ce qui conduira à l'équation

$$\frac{d^2F}{dr^2}G+\frac{2}{3}r\frac{dF}{dr}G+\frac{d^2G}{ds^2}F-\frac{2}{3}s\frac{dG}{ds}F=0,$$

c'est-à-dire aux deux équations disjointes

$$\frac{d^2F}{dr^2}+\frac{2}{3}r\frac{dF}{dr}+hF=0,$$
$$\frac{d^2G}{ds^2}-\frac{2}{3}s\frac{dG}{ds}-hG=0,$$

$h$ étant une constante quelconque. Or chacune de ces équations est satisfaite par une fonction hypergéométrique confluente,

$$F={}_1F_1\left(h;\frac{1}{2};-\frac{r^2}{3}\right),$$
$$G={}_1F_1\left(-h;\frac{1}{2};\frac{s^2}{3}\right),$$

d'où la solution

$$U=e^{X^2+2YZ}{}_1F_1\left(h;\frac{1}{2};-\frac{(2X-Y-Z)^2}{3}\right){}_1F_1\left(-h;\frac{1}{2};(Y-Z)^2\right),$$

que l'on pourrait aisément exprimer au moyen des fonctions $D_n$ et $D_{-n}$ de Weber. Il sera alors plus élégant de modifier, dès le début du calcul, le changement de variables en écrivant

$$x = x_1^2 + \frac{3y_1^2 - z_1^2}{4},$$
$$y = x_1^2 + \frac{(y_1\sqrt{3} + z_1)^2}{8},$$
$$z = x_1^2 + \frac{(y_1\sqrt{3} - z_1)^2}{8},$$

qui conduira à la solution, où les variables nouvelles seront disjointes,

$$U = e^{x_1^2 + \frac{y_1^2}{2}} D_n(z_1) D_{-n}(iy_1).$$

HYDRAULIQUE SOUTERRAINE. — *Débit d'une nappe cylindrique à fond horizontal reposant sur un substratum imperméable.* Note de M. **Auguste Vibert**, présentée par M. Georges Perrier.

Soit la nappe en écoulement entre les niveaux amont (H) et aval ($h_0$).

En 1857, Dupuit suppose que la génératrice de la surface libre passe par E et F, et arrive à la formule

$$q = \varepsilon_0 \frac{(H^2 - h_0^2)}{2L} \qquad \left(\varepsilon_0 = \frac{\mu}{\alpha} \text{ mod. de Thiem}\right).$$

Pour $h_0 = 0$ le débit maximum est $Q = (\varepsilon_0 H^2/2L)$, alors que la surface d'écoulement est nulle ($h_0 = 0$). Il y a donc incompatibilité entre la solution proposée et le phénomène naturel.

Soit T' la génératrice réelle. Considérons le filet supérieur d'épaisseur

$$dy = dh \times \frac{y}{H}.$$

Dans la section M, de coordonnées $x, y$, on a

$$dq = \varepsilon_0\, dy \sin\gamma_M \cos\gamma_M = \varepsilon_0 \frac{y}{H} \sin\gamma_M \cos\gamma_M\, dh. \tag{1}$$

L'équation de continuité permet d'écrire

$$y \sin\gamma_M \cos\gamma_M = \theta' \sin\gamma_{G'} \cos\gamma_{G'}, \tag{2}$$

soit, sous forme différentielle,

$$Ky = \frac{dy}{dx} + \frac{dx}{dy}. \tag{3}$$

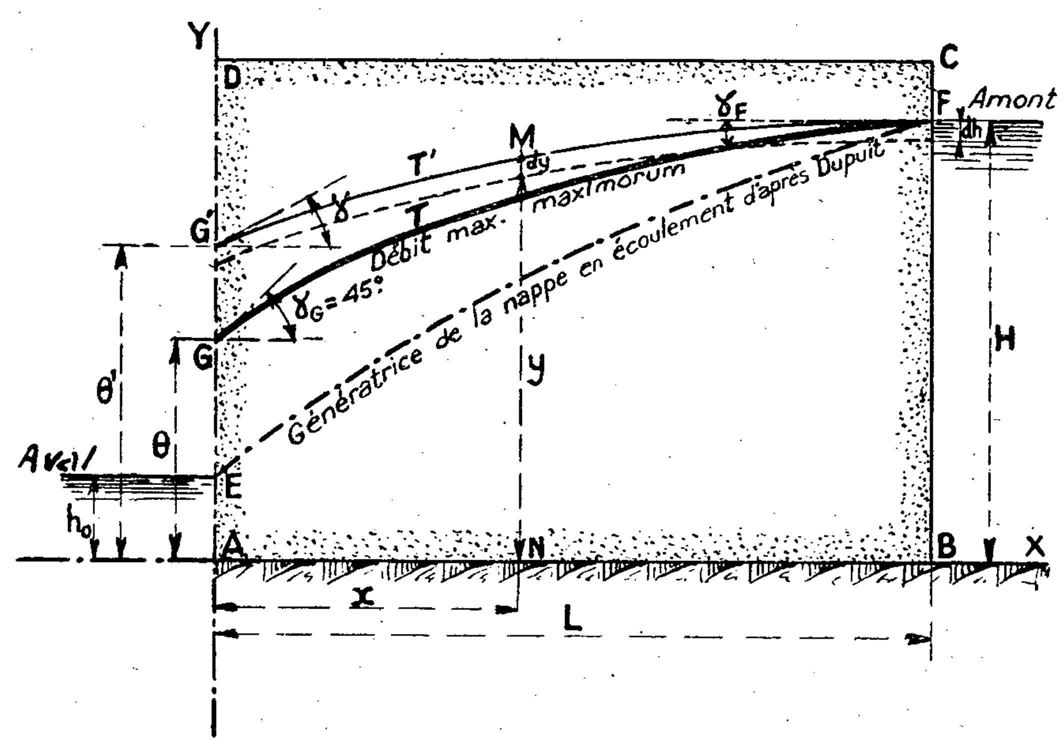
Elle donne, en ne retenant que la solution compatible avec les données du

problème,

$$x = \frac{1}{K}\left[\log\left(Ky - \sqrt{K^2y^2 - 4}\right) + \frac{1}{K^2y^2 - Ky\sqrt{K^2y^2 - 4} - 2}\right] + C, \tag{4}$$

qui est l'équation de la génératrice de la surface libre ([1]).

La génératrice T, de débit maximum, fait en F le plus grand angle F compa-




tible avec les conditions mécaniques de l'écoulement. Elle correspond à $h_0 = 0$.

On a alors

$$\gamma_G = 45^\circ \qquad \text{et} \qquad \sin\gamma_G \cos\gamma_G = \frac{1}{2}.$$

En intégrant entre les limites

$$(x = 0,\ y = \theta) \qquad \text{et} \qquad (x = L,\ y = H),$$

on a

$$L = \frac{\theta}{2}\left[\log\frac{H - \sqrt{H^2 - \theta^2}}{\theta} + \frac{1}{\frac{4}{\theta^2}\left(H^2 - H\sqrt{H^2 - \theta^2}\right) - 2} - \frac{1}{2}\right]. \tag{5}$$

Le débit du filet supérieur, de longueur $\lambda = \xi L$ ([2]), est alors

$$dq_{\text{sup}} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \frac{\theta}{H}\, dh, \tag{6}$$

celui du filet inférieur

$$dq_{\text{inf}} = dq_{\text{sup}} \times \frac{\frac{H}{L}}{\frac{(H - \theta)}{\xi L}} \times \frac{1}{\frac{L}{\sqrt{L^2 + (H - \theta)^2}}} = dq_{\text{sup}} \times \frac{\xi H}{(H - \theta)} \times \frac{1}{\beta}. \tag{7}$$

Par suite

$$Q = \frac{dq_{\text{inf}} + dq_{\text{sup}}}{2} \times \frac{H}{dh} = \frac{\varepsilon_0 \theta}{4} \cdot \frac{\beta(H - \theta) + \xi H}{\beta(H - \theta)}. \tag{8}$$

---

([1]) Elle est indépendante de la nature du terrain.

([2]) $\xi$ est généralement voisin de 1. Il se détermine graphiquement d'après le tracé de T.

*Cas général.* — Si $h_0 = 0$, le débit est $q$ et la génératrice T′ coupe O$y$ en un point G′ tel que $OG' = \theta' > \theta$.

Le régime étant laminaire et les courbes T et T′ pouvant être remplacées avec une grande approximation par des courbes du deuxième degré, on peut écrire

$$q = Q \times \frac{(H - h_0)}{H} \times \frac{(2H + \theta')}{2H + \theta} \tag{9}$$

et

$$\theta' = H - \frac{(H - \theta)(H - h_0)}{H},$$

d'où

$$q = Q \times \frac{(H - h_0)}{H} \times \frac{(2H^2 + H(h_0 + \theta) - \theta h_0)}{H(2H + \theta)}. \tag{10}$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouvel électromètre enregistreur.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'électromètre enregistreur de Benndorf, presque universellement utilisé en électricité atmosphérique pour la mesure du champ électrique, est un instrument ayant rendu de grands services, mais qui présente aussi quelques inconvénients. Au cours d'un constant usage, durant plus d'une année, de deux de ces appareils, lors du séjour de l'expédition française de l'Année polaire internationale 1932-1933, au Scoresby Sund, sur la côte Nord-Est du Groenland, je pus me convaincre qu'il gagnerait beaucoup à être établi sous une forme moderne ([1]). Il n'est pas transportable sans un complet démontage. Son défaut d'étanchéité, sérieux pour un électromètre, pouvait aisément être corrigé en le disposant dans un boîtier métallique étanche et vitré, de série. Le papier d'enregistrement, qui est déroulé à frottement, devait être remplacé par un papier perforé étalonné à coordonnées rectilignes. L'amortisseur à acide sulfurique, qui donne lieu à tant d'ennuis, pouvait être supprimé et remplacé par un amortissement magnétique, la connexion d'aiguille étant réalisée par un conducteur dénué de torsion. L'avance du papier et la frappe, qui s'effectuent par l'intermédiaire d'une batterie et de relais à contacts, trop sujets à se dérégler et à produire des perturbations électromagnétiques, pouvaient être effectuées d'une manière robuste et indéréglable par le jeu direct d'un fort mouvement d'horlogerie, ou mieux d'un moteur synchrone. Il était encore avantageux de munir l'instrument d'un compteur, d'un réenrouleur automatique, d'une échelle de mesure à lecture directe, etc.

L'Académie ayant bien voulu m'accorder une subvention pour la construc-

([1]) *J. de Phys.*, 8, 1935, p. 420.

tion d'un tel appareil, je priai en 1936 les Établissements Brion-Leroux de vouloir bien l'établir selon ces directives. Celui-ci fut aussitôt réalisé.

Cet instrument a été muni d'un moteur synchrone assurant directement l'avance et la frappe. Toute la construction est de série, excepté l'électromètre proprement dit. Celui-ci possède une capacité de $20^{cm^3}$. L'aiguille est suspendue par un ruban plat en bronze de $0^{mm},08$ d'épaisseur, qui assure une déviation de toute l'échelle ($\pm 125$ V) avec une tension de quadrants de $\pm 70$ V, en montage hétérostatique. L'isolement, réalisé à l'ambre, est excellent, le boîtier étant desséché par du calcium ou un gel de silice régénérable. Un dispositif de calage de l'aiguille fait que l'instrument peut être transporté dans les conditions les plus dures sans démontage et qu'il est immédiatement prêt à être utilisé.

L'appareil devant fonctionner le plus souvent sur le courant alternatif du secteur, sauf dans les cas exceptionnels de missions lointaines, il est avantageux de supprimer les batteries chargeant les quadrants et d'alimenter ceux-ci par un redresseur muni de deux lampes Stabilovolt en série. Nous avons reconnu que le fonctionnement est extrêmement stable et régulier dans ces conditions. Un système de fiches permet de modifier instantanément la sensibilité en prenant, pour les quadrants, des potentiels symétriques variant par multiples de 70 V. Des variations du secteur atteignant 10 % sont sans influence sur les indications de l'instrument, qui devient ainsi d'un emploi très pratique.

Cet appareil a été longuement utilisé à l'Observatoire de Meudon pour l'enregistrement du champ électrique atmosphérique avec d'excellents résultats. L'avance horaire était de $2^{cm}$, et la cadence de frappe 45 secondes : le tracé paraît, dans ces conditions, quasi continu.

Disons, à ce sujet, que le champ normal (onde simple présentant un maximum à $19^h$ T. M. G. et un minimum à $4^h$) n'a été observé que pendant de rares et courtes périodes d'exceptionnelle pureté du ciel, par exemple du 22 au 25 octobre 1938.

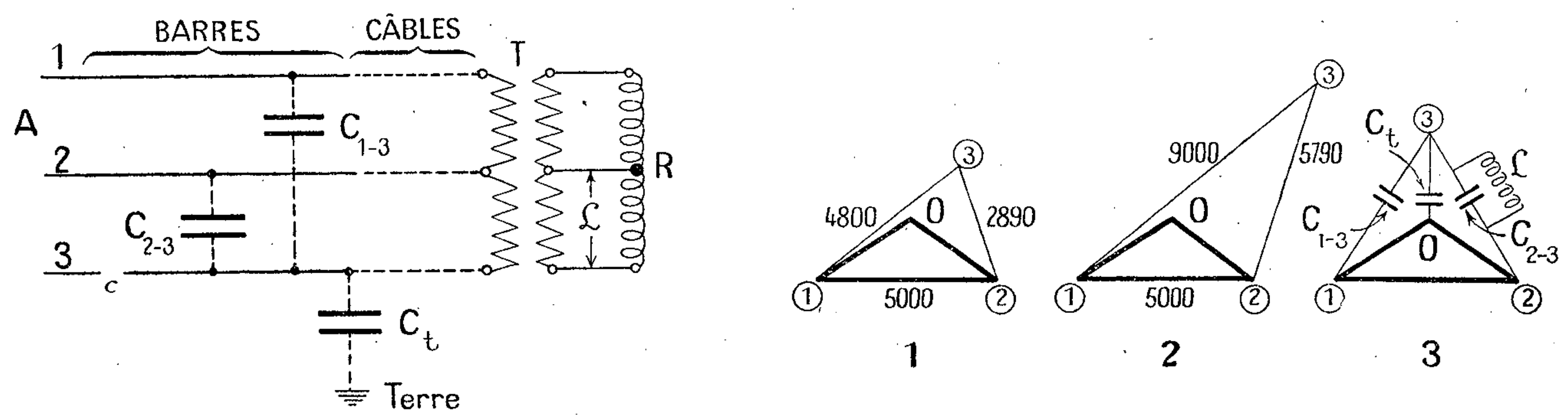
Si l'on porte les quadrants à la plus haute tension donnée par les potentiomètres au néon ($\pm 280$ V), on obtient la sensibilité élevée de $\pm 25$ V pour toute l'échelle. Celle-ci est encore linéaire, sauf vers son extrémité, où elle tend à croître plus rapidement. Associé à une chambre d'ionisation sensible, l'appareil se prête alors à la mesure des plus faibles ionisations. Nous avons pu ainsi réaliser un enregistreur à lecture directe (à aiguille) de l'intensité des rayons cosmiques, en le connectant avec une chambre d'ionisation de $2^l$ de volume rempli d'argon pur, comprimé sous la pression de $100^{atm}$. La chambre est munie d'un anneau de garde au sol et est portée à un potentiel constant par l'une des lampes Stabilovolt. On réalise ainsi un dispositif électrométrique très simple fonctionnant entièrement sur le secteur. Le courant d'ionisation atteignant $10^{-12}$ A, l'aiguille sort de l'échelle au bout de 3 heures : le tracé est

sensiblement rectiligne. Si l'on met à la masse le système isolé au moyen d'un contact horaire, par exemple, les élongations maxima donnent l'intensité intégrée du rayonnement durant ce temps. Pour transformer le système en intensimètre, il suffit d'intercaler entre la chambre d'ionisation et l'électromètre, une chambre d'égal volume remplie d'air à la pression atmosphérique, traversée par l'électrode isolée et contenant un fragment d'uranium dont les rayons β sont convenablement filtrés par un écran d'aluminium. Cette fuite radioactive constante permet d'équilibrer l'aiguille vers l'extrémité de l'échelle. L'appareil accuse la radioactivité (rayons γ) de quelques kilogrammes d'un sel de potassium disposé dans le voisinage.

Ce nouvel instrument, qui fait honneur à son constructeur, est appelé à rendre d'utiles services, non seulement dans les stations géophysiques, mais aussi dans les laboratoires de radioactivité.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur un phénomène de résonance périodique observé sur un système triphasé.* Note de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Camille Gutton.

Un réseau triphasé a été réalisé suivant le schéma de la figure ci-dessous : les barres à 5000 V alimentent au moyen de câbles de 10m de longueur deux transformateurs débitant sur des circuits secondaires identiques. Le circuit étant enclenché du côté A, on coupe en $c$ l'une des phases, la phase 3 par exemple. On constate alors qu'un relais de tension R, du type différentiel, connecté entre les circuits secondaires des transformateurs, se met automatiquement en marche continuelle, déclenchant et enclenchant périodiquement le circuit sur lequel il est inséré. Il y a donc apparition oscillante de surtensions. L'examen des diagrammes reproduits sur la figure montre que ces surtensions




sont provoquées par un phénomène de résonance. Le diagramme vectoriel 1 est relatif aux instants pour lesquels il n'y a pas de surtension. Le diagramme 2, aux instants durant lesquels le phénomène de résonance se produit. Les valeurs correspondantes sont portées sur ces diagrammes. La représentation vectorielle 3 explique le phénomène observé lorsqu'une coupure de la phase 3 se produit. Entre la phase 3 et le sol, ainsi qu'entre cette phase avariée et les deux autres phases saines 1 et 2, toujours sous tension, passe un courant

dû à leurs capacités mutuelles. Les capacités $C_{1-3}$, $C_{2-3}$ et $C_t$ désignent respectivement les condensateurs équivalant aux capacités entre les phases 1 et 3, 2 et 3 et entre la phase 3 et la terre. Il est évident que les phases 1 et 2 conservent, lors de la coupure, la même différence de potentiel l'une par rapport à l'autre et par rapport à la terre, mais le potentiel de la phase 3, lors de sa coupure, devient fonction de la résultante des courants des capacités $C_{1-3}$, $C_{2-3}$, $C_t$ et du courant inductif dû à la self-induction du transformateur de tension dans la partie soumise à la tension entre les phases 2 et 3. Cette self-induction est en parallèle avec la capacité $C_{2-3}$. Avec une telle distribution, la tension d'excitation du circuit doit se trouver entre les phases 1 et 2, tandis que la tension de résonance apparaît, d'une part, aux bornes de $C_{1-2}$ et $C_t$ comme tension capacitive et, d'autre part, aux bornes de $C_{2-3}$ et de $L$ comme tension résultante inductivo-capacitive.

Le potentiel de la phase 3 peut se calculer au moyen de formules connues; la résonance apparaît chaque fois lorsque l'expression

$$C_{1-3}\omega + C_{2-3}\omega + C_t\omega - \frac{1}{L\omega}$$

tend vers zéro.

Une coupure d'une de trois phases des transformateurs, des réactances ou des bobines de mise à la terre, provoque quelquefois des surtensions de résonance, parfois très dangereuses sur les installations. Mais le cas que nous venons d'observer mérite d'être signalé, à cause du phénomène oscillatoire particulier provoqué par un état de résonance périodiquement variable; la résonance ne se maintient pas, elle apparaît puis disparaît à cause de la suppression ou du rétablissement d'un circuit inductif au secondaire du transformateur.

Cette résonance particulière a une importance pratique, surtout lorsqu'il s'agit des études de la protection sélective des réseaux électriques à haute tension.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fragilité de revenu des aciers.* Note de MM. **Henri Jolivet** et **Georges Vidal**, présentée par M. Albert Portevin.

On a étudié, pour des conditions d'essai déterminées, l'apparition de la fragilité de revenu des aciers en fonction des conditions de leur traitement thermique (1).

La mise en évidence de cette fragilité, lorsqu'elle existe, est liée d'autre part aux conditions d'essai. Elle se traduit en effet essentiellement, aux vitesses élevées, par une capacité de déformation avant rupture progressivement décroissante, sans que ni le mode de rupture, ni la résistance à la

(1) H. Jolivet et R. Chouteau, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 788.

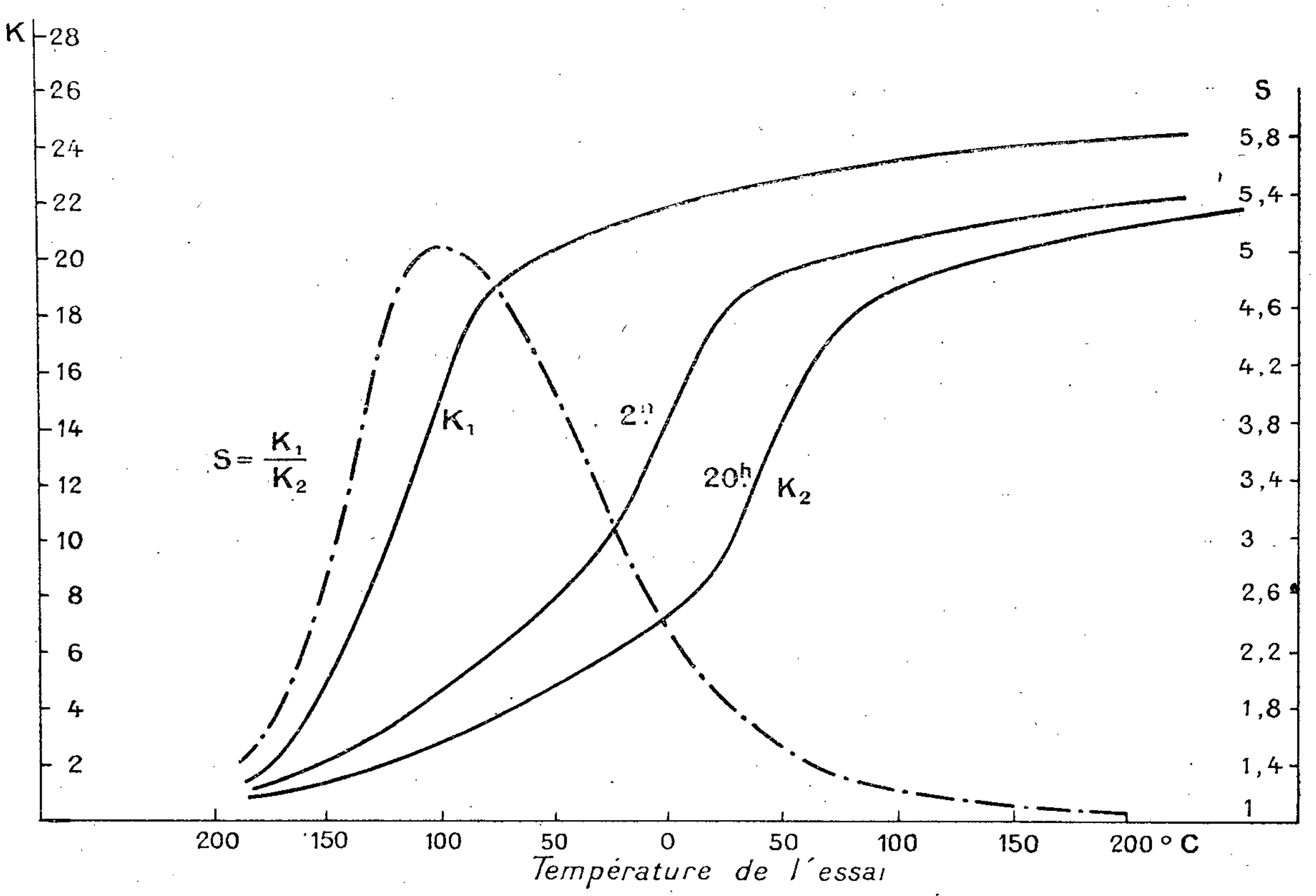
déformation ne soient modifiés. Ceci entraîne, dans l'essai sur barreaux entaillés, une diminution du volume déformé qui est à l'origine de la variation de résilience.

Il en résulte que, dans cet essai, les facteurs susceptibles de faire varier l'importance relative de ce volume (forme du barreau, vitesse d'impact, température etc.) influent sur l'appréciation de la fragilité. La susceptibilité $K_1/K_2$ apparaît comme variable du fait que les variations de la résilience avec ces facteurs ne sont pas les mêmes pour les barreaux fragiles ou non fragiles.

Ainsi par exemple, en fonction de la température, l'essai de résilience permet habituellement de caractériser pour les aciers un domaine fragile aux basses températures, un domaine non fragile aux températures plus élevées qui apparaissent séparés par une zone de transition.

L'existence d'une fragilité de revenu se traduit par le fait que, pour les barreaux ayant subi le traitement de sensibilisation, la zone de transition se trouve progressivement déplacée vers les hautes températures.

La figure représente, pour un acier de composition centésimale en poids,




CO 3,5, Ni 1,5, Cr 2,6, Mo 0,3 ayant subi une trempe à l'air à 900° et un revenu de 1 heure à 700°, les courbes donnant la résilience Mesnager en fonction de la température après des séjours de durée croissante (0, 2, 20 heures), dans la zone critique (525°).

L'augmentation de fragilité ainsi développée, bien qu'elle subsiste dans tout l'intervalle de température exploré, ne se trouve nettement mise en évidence par l'essai que dans une zone de température limitée où la susceptibilité passe par un maximum.

Le résultat du traitement de sensibilisation peut donc être interprété comme une modification qui amène à constater à la température ambiante un état fragile qui ne s'observe normalement qu'à température plus basse.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *A propos des réactions d'échange.* Note de M. **Raymond Daudel.**

Nous avons eu l'occasion de parler, dans de précédentes Notes, de certaines réactions d'échange. Nous voudrions aujourd'hui proposer une classification d'ensemble de ces réactions et des lois générales permettant de prévoir dans quel cas elles doivent avoir lieu. Nous signalerons enfin différentes applications possibles que l'on peut donner à ces phénomènes.

*Classification des réactions d'échange. Prévision de celles-ci.* — Nous pensons qu'il est possible de ramener les réactions d'échange à deux grands types. Dans un certain nombre de cas, des atomes d'un élément A sont échangés entre l'élément A libre et des molécules AB, à la faveur d'une perpétuelle évolution des molécules AB qui se dissocient constamment en élément A et en élément B et se reforment à partir des mêmes éléments. On peut schématiser ces réactions par les équilibres

$$\left.\begin{array}{l} AB \rightleftharpoons A + B \\ \overset{\star}{A} + B \rightleftharpoons \overset{\star}{A}B \end{array}\right\} AB + \overset{\star}{A} \rightleftharpoons \overset{\star}{A}B + A,$$

en supposant que l'on utilise pour les mettre en évidence un élément $\overset{\star}{A}$ libre radioactif et des molécules AB inactives. Rappelons que c'est le cas des ions complexes binaires et que dans ce cas il semble qu'on puisse dire que : *la réaction d'échange s'effectue et est très rapide lorsque les éléments* A *et* B *ont des tendances électroaffines opposées et que l'on opère en milieu aqueux.*

Dans d'autres exemples au contraire, un élément A passe d'une molécule AB à une molécule AC grâce à la formation d'une molécule intermédiaire qu'on pourrait nommer *molécule composée,* en généralisant aux molécules une expression utilisée pour les noyaux en chimie nucléaire.

Soit AB l'une des molécules et supposons que $\overset{\star}{A}C$ soit l'autre et renferme l'élément A sous la forme radioactive. On aura

$$\left.\begin{array}{l} AB + \overset{\star}{A}C \rightleftharpoons A\overset{\star}{A}BC \\ A\overset{\star}{A}BC \rightleftharpoons \overset{\star}{A}B + AC \end{array}\right\} AB + \overset{\star}{A}C \rightleftharpoons \overset{\star}{A}B + AC.$$

Ce cas se dissocie en deux sous-cas selon que $A\overset{\star}{A}BC$ est isolable ou ne l'est pas. Un exemple de ce premier sous-cas est la réaction

$$\overset{\star}{I}^- + I_2 \rightleftharpoons I_3^- \rightleftharpoons \overset{\star}{I}_2 + I^-.$$

Dans le second sous-cas, nous faisons entrer tous les phénomènes d'échange

entre ions simples, tels que

$$Cu^{++} + \overset{\star}{Cu}{}^{+} \rightleftharpoons \overset{\star}{Cu}{}^{++} + Cu^{+}.$$

Dans de telles réactions entre ions simples, au moment du choc, les deux ions mettent leurs négatons en commun et, en phase liquide, *le principe d'indiscernabilité exige donc un échange complet et rapide entre ces ions.*

*Applications.* — Nous avions montré (¹) comment dans le cas d'un complexe du type AB l'étude des phénomènes d'échange permet de préciser les constantes $k_1$. M^lle Pascaline Salzédo (²) a généralisé notre théorie dans le cas des complexes $AB_n$ et a pu effectuer des mesures expérimentales dans le cas où $n = 4$. Elle a montré que l'échange est presque complet au bout d'un temps $t$ inférieur à

$$t = \frac{b}{(a+b)k_1}\sqrt[n]{\frac{4}{5z}} \quad (^3),$$

où $z$ ne dépend que de $n$, et l'on a observé dans le cas du système iodomercurate-iodure que cet échange s'opère en moins de 2 minutes [cas où $b/(a+b) \# 1$]. Ce fait conduit à penser que

$$k_1 > \frac{1}{\sqrt[4]{5}} \text{ par minute.}$$

En phase solide, les réactions d'échange sont moins rapides qu'en milieu liquide. Soit, en conséquence, à doser un corps A en solution qui donne un composé $A\overset{\star}{B}$ insoluble et tel que $\overset{\star}{B}$ échange avec BC son activité (BC étant soluble). On peut penser au procédé suivant : on ajoute à la solution un excès de $\overset{\star}{B}$ qui précipite A sous forme de $A\overset{\star}{B}$, puis on ajoute BC qui n'échange que lentement avec $A\overset{\star}{B}$ de l'activité, tandis qu'il le fait rapidement avec les particules $\overset{\star}{B}$ en excès. On sépare BC et, de l'activité qu'il porte, on en déduit la masse de B en excès, donc celle de A (⁴).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques oxydations par l'eau oxygénée en présence d'anhydride sélénieux.* Note de M. **Paul Seguin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Recherchant un moyen d'obtenir des glycols éthyléniques en vue d'étudier leur déshydratation, nous avons songé à oxyder des carbures diéthyléniques par l'eau oxygénée en présence de catalyseur. Nous avons employé l'anhy-

---

(¹) *Comptes rendus*, 215, 1942, pp. 177-179.

(²) Travaux inédits.

(³) Ces notations sont celles de notre Note précédemment citée.

(⁴) M. Süe vient de nous faire savoir qu'il a effectué des travaux non publiés en suivant une méthode analogue.

dride sélénieux signalé par Guillemonat ([1]). Il s'est révélé d'un emploi plus commode que $OsO^4$ et conduit à de meilleurs rendements que $V^2O^5$.

Pour pouvoir limiter l'oxydation à une seule des deux doubles liaisons, il convenait d'opérer en phase homogène. Nous avons constaté que le solvant le meilleur est l'alcool butylique tertiaire recommandé par Milas ([2]). A défaut de cet alcool, l'acétone, utilisée par Treibs ([3]) donne de moins bons résultats, car elle s'oxyde elle-même, donnant en particulier du peroxyde d'acétone, de l'acide pyruvique et de l'acide acétique. On a intérêt à opérer en solution aussi concentrée que possible, sinon la réaction est extrêmement longue, et à éviter toute élévation de température qui favorise des oxydations plus profondes et les polymérisations de diènes en présence de peroxydes.

Différents essais sur le cyclohexène ont montré que la dose à employer est de $4^g$ de $SeO^2$ par mol-g de corps à oxyder. L'oxydation demande une semaine pour être complète, mais on peut la considérer comme pratiquement terminée au bout de 48 heures. Nous avons trouvé comme résultat de la réaction du cyclohexanediol *trans* pur (F 104°, dibenzoate F 92°), sans trace de *cis*, avec un rendement de 45 %. G. Dupont et R. Dulou ([4]) signalent que, dans l'oxydation du cyclohexène par $H^2O^2$ en présence de $OsO^4$, ils obtiennent un mélange des diols *cis* et *trans*. Nous interprétons notre résultat en le rapprochant d'un travail de Criegee, Kraft et Rank ([5]) montrant que la vitesse d'oxydation du cyclohexane diol *cis* par le tétraacétate de plomb est 23 fois plus grande que celle du composé *trans*. On peut donc supposer que, la réaction ayant été conduite très lentement, le composé *cis* formé a entièrement disparu par oxydation ultérieure.

Quant à l'oxydation de carbures diéniques, nos premiers essais nous ont montré que la fixation de 2OH se fait en 1.2 plutôt qu'en 1.4.

Dans le cas du cyclopentadiène, nous avons observé principalement la formation du cyclopentènediol 1.2 obtenu par Criegee ([6]), alors que Milas obtient le diol 1.4 par $H^2O^2$ et $OsO^4$.

De même avec le pipérylène, nous avons obtenu un glycol dont les constantes rapprochées de celles données par Prévost ([7]) indiquent qu'il s'agit très probablement d'un mélange des 2 glycols 1.2: $CH^3-CH=CH-CHOH-CH^2OH$ mêlé d'un peu de $CH^3-CHOH-CHOH-CH=CH^2$.

Un essai sur le diphényl-1.4 butadiène a montré que ce carbure est très résistant à l'oxydation.

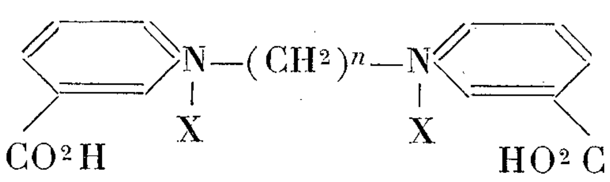
---

([1]) *Ann. Chim.*, 11e série, **11**, 1939, p. 148.
([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **58**, 1936, pp. 1302 et suiv.
([3]) *Chem. Zbl.*, I, 1939, pp. 3869 et suiv.
([4]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 92.
([5]) *Lieb. Ann.*, **507**, 1933, p. 159.
([6]) *Ibid.*, **481**, 1930, p. 298.
([7]) *Ann. Chim.*, 10e série, **10**, 1928, p. 389.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sels quaternaires anormaux dans la série des bases bis-pyridiniums dérivées de l'acide nicotinique.* Note de MM. **Jean-Albert Gautier** et **Eugène Leroi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de recherches sur la condensation des dihalogénures d'alcoyle symétriques avec l'acide nicotinique et ses dérivés, nous avons isolé, à partir de cet acide et des dihalogénures d'éthylène et de propylène, des sels de bis-β-carboxypyridiniums pour lesquels nous escomptions la constitution normale représentée par la formule (I) (X = halogène).

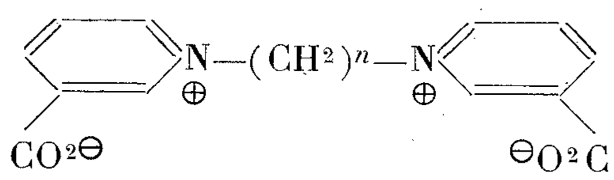
En réalité, ces composés contiennent un seul atome d'halogène et un seul carboxyle libre, et l'on doit admettre pour eux une constitution monobétaïnique, résultant de la perte d'une seule molécule d'hydracide entre un carboxyle et l'un des halogènes. On peut les représenter par la formule générale (II), formule polaire qui ne préjuge pas de la position de la liaison bétaïnique



(I)

$$X^{\ominus}\left[(\overset{\ominus}{CO_2})C_5H_4\overset{\oplus}{N}-(CH_2)_n-\overset{\oplus}{N}-C_5H_4CO_2H\right]$$

(II)



(III)

$X^-$ désigne l'ion halogéné, et le pont bétaïnique réunit l'un des carboxyles à l'un *quelconque* des atomes d'azote.

Ces sels anormaux sont transformés par $OAg_2$ en bis-bétaïnes (III) dont ils peuvent être considérés comme les sels basiques 2B, XH (B désignant chacune des fonctions azotées), par opposition aux sels *neutres* normaux attendus 2B, 2XH.

Leur propriété la plus remarquable réside dans la stabilité singulière de la liaison bétaïnique : même au prix d'une longue ébullition avec des hydracides concentrés, il n'est pas possible d'accéder à un sel *normal* (I) par fixation d'une seconde molécule d'acide; mieux encore, les bis-bétaïnes (III) elles-mêmes, traitées par un excès d'hydracide, en fixent *une seule* molécule en régénérant le sel (II) sans engendrer jamais le sel (I).

Enfin nous avons tenté vainement l'obtention du sel normal (I) par voie détournée : la condensation de l'amide nicotinique avec les dihalogénures d'alcoyle nous a permis d'accéder facilement à des sels *normaux* de bis-β-carbaminopyridiniums [formule (I), où les deux carboxyles sont remplacés par deux groupes $CONH_2$]; puis nous avons hydrolysé en milieu acide ces sels diamidés en vue de les transformer en sels dicarboxylés : ici encore, cette transformation conduit aux sels basiques (II).

Il apparaît donc que les sels normaux de bis-β-carboxypyridiniums ne

peuvent en aucun cas prendre naissance ou, en d'autres termes, que l'une des liaisons bétaïniques des bis-bétaïnes (III) n'est jamais susceptible de s'ouvrir selon le schéma

$$\left\{\begin{matrix}-\mathrm{CO}\\ \equiv\mathrm{N}\end{matrix}\right\rangle\mathrm{O} + \mathrm{XH} \rightarrow \left\{\begin{matrix}-\mathrm{CO\,OH}\\ \equiv\mathrm{N}-\mathrm{X}\end{matrix}\right.$$

La formation de ce pont bétaïnique par élimination *spontanée* d'hydracide lors des tentatives d'obtention du sel normal, constitue une anomalie peu répandue; seuls ont été signalés quelques exemples de sels basiques de bétaïnes pyridiniques [1], mais seulement dans le cas de composés monopyridiniums et, chose remarquable, dans les seules séries $\alpha$ et $\gamma$ substituées (dérivés des acides picolique et isonicotinique), à l'exclusion de la série nicotinique.

Dans le cas qui nous occupe, l'existence de ces sels anormaux pose certains problèmes de constitution. Tout d'abord la stabilité inégale des deux ponts bétaïniques semble peu compatible avec la symétrie des molécules de bis-bétaïnes, et fait apparaître entre *l'un* des azotes et *l'un* des carboxyles une affinité particulière. Par ailleurs on peut se demander comment se place dans les sels basiques cette liaison bétaïnique privilégiée; trois représentations paraissent possibles : l'atome d'azote et le carboxyle conjugués peuvent être empruntés soit au même cycle, soit à chacun des cycles d'une même molécule; une troisième hypothèse suppose le doublement de la molécule en un dimère, dans lequel la liaison des deux monomères primitifs serait assurée en tête-bêche par les azotes et les carboxyles.

La première représentation concorde mal avec l'éloignement dans l'espace de l'azote et du carboxyle d'un même cycle. La troisième hypothèse ne pourrait être vérifiée que par une détermination de poids moléculaire, et malheureusement les sels basiques, électrolytes, ne se prêtent pas à des mesures cryoscopiques; par contre, nous avons pu, par ce moyen, vérifier que les bis-bétaïnes correspondantes se comportent comme monomères : il semble donc qu'on puisse, par analogie, exclure pour les sels une structure polymère.

On est ainsi amené à retenir comme plus probable le second mode de représentation : liaison croisée d'un cycle à l'autre; la même disposition se rencontrerait dans les bétaïnes.

Nous recherchons présentement en quoi la formation des sels basiques peut être modifiée par la longueur de la chaîne méthylénique entre azotes, ainsi que l'influence de la nature de l'hydracide éliminé.

---

(1) TURNAU, *Monatsh. für Chem.*, 26, 1905, p. 537.

GÉOLOGIE. — *Gravimétrie, tectonique fine et structure profonde de la bordure externe du Jura.* Note de M. **Louis Glangeaud**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Les théories destinées à expliquer la formation des plis du Jura ont été résumées, pour celles émises avant 1935, dans l'ouvrage fondamental de M. de Margerie. Depuis, M. Lugeon a admis un glissement en masse de la couverture secondaire sur le niveau lubrifiant du Trias. M. Paul Fallot estima, au contraire, que, pour la bordure septentrionale du Jura, la structure du socle primaire rigide jouait le rôle dominant. Nous nous sommes efforcé, pour faire progresser ce problème, de réunir des éléments nouveaux dans les domaines de la tectonique fine et de la gravimétrie.

1. Tectonique fine. — *Les pincées.* — Nous nommerons *pincées* de petits accidents aberrants dont le plus typique est celui, observé, à 1$^{km}$,800 au nord de Voujeaucourt et qui peut se décrire ainsi : Dans une série régulière et continue de calcaires subhorizontaux, apparaît brusquement une solution de continuité, occupée par des sédiments fortement plissés, appartenant à un niveau supérieur. La largeur de l'accident est de 300$^{m}$ environ. Si la végétation recouvrait cette surface, rien ne révélerait l'existence d'un tel effondrement, car les deux bords limitant la pincée sont constitués par des calcaires appartenant au même niveau stratigraphique. Nous étendons la définition aux cas où les calcaires encaissants ont été eux-mêmes plissés; mais où le bloc de *pincée* souligne néanmoins, avec netteté, l'existence d'une ancienne cicatrice.

Les terrains intervenant dans de telles dislocations sont plus ou moins plissés. Marcel Bertrand avait décrit avec précision de tels accidents dans les régions d'Arbois, Poligny, Voiteur. Nous en avons observé de nouveaux, notamment à Voujeaucourt, chaînon de la Chapelle-des-Buis, région du Mont Poupet. Les pincées sont généralement de faibles dimensions transversales (200 à 300$^{m}$); mais elles peuvent se suivre, en direction longitudinale, comme dans la chaîne de l'Euthe, sur plus de 40$^{km}$ (Paul Choffat). Pour les expliquer on doit éliminer les effondrements dus à la dissolution du calcaire qui présenteraient un aspect cahotique, seraient non plissés et ne pourraient se poursuivre, avec régularité en direction.

La formation de ces accidents exige deux phases successives : une *phase de distension*, de faible amplitude, avec effondrement local, suivie *d'une phase de compression*, provoquant le plissement de la masse effondrée.

2. Gravimétrie. — La répartition des anomalies de Bouguer (formule internationale), établies d'après les mesures de M. Goudey, met en évidence des unités structurales profondes. Nous indiquerons seulement les caractères généraux de ces unités dont l'étude détaillée sera faite avec M. Goudey.

Si, en bordure de la frontière suisse, le talus paraît monter assez régulièrement du N au S et de l'E à l'W; par contre, la bordure externe du Jura

révèle l'existence d'unités structurales profondes, limitées par des dislocations et déformations dont les unes, dominantes, sont NE-SW et les autres, subordonnées de direction subméridienne.

Parmi les éléments obliques, la chaîne de l'Euthe de direction NE-SW est bordée par une zone de — 20 à — 30 milligals, de Champagnole à Levier (— 24) et Arc-sous-Cicon (— 24). La zone qui la limite au N présente (— 16) à Lons-le-Saunier. L'ondulation transversale est soulignée par une zone (— 30 à — 40) partant d'Arbois pour aboutir à Mouthiers (— 38). Les plateaux d'Ornans et de Vercel sont limités au NW par un talus NE-SW (— 30 à — 20).

L'influence de la Serre se manifeste par un maximum de + 3 à Pesmes. Au nord et au sud de ce point, le massif paraît présenter deux talus s'inclinant vers Autrey (— 17) et vers Dôle (— 17). Ainsi sous la plaine de la Sâone, se dessinerait le prolongement des unités NE-SW du Jura, avec, peut-être, des déformations de direction subméridienne. Vers l'E, le massif de la Serre fait sentir son influence jusqu'à Marnay (— 15). La zone (— 10 à — 20) paraît ensuite présenter une interruption au nord de Besançon qui correspondrait à l'accentuation des plis des Avants-Monts dans la région de Miserey, Chatillon. Elle réapparaît dans le territoire situé entre Baume-les-Dames, Rougemont-Héricourt où dominent les failles subméridiennes. Entre la terminaison du voussoir de la Serre et celui de Rougemont-Héricourt, s'intercale la terminaison d'une zone subméridienne (— 30 à — 40) de Baume-les-Dames (— 30) à Épinal (— 40), en passant par Vesoul (— 35).

Ces faits démontrent que l'apparente continuité des chaînons superficiels n'existe, réellement, que dans les limites de chaque unité structurale profonde. Elle cesse à la limite des voussoirs : butée du Lomont (— 35) contre la zone de Rougemont (— 10) et Héricourt (— 11); relais et chevauchement des plis dans la région d'Arbois (— 42) et Salins (— 33), sous l'influence des voussoirs voisins (— 16, — 17, — 24), terminaison assez brusque des accidents de la Serre, de ceux des Avants-Monts, etc.

En outre, les *zones de maxima de plissements en surface* coïncident dans l'ensemble, avec les régions où le *gradient de l'anomalie de Bouguer est le plus élevé*. Ainsi dans la zone des plateaux d'Ornans, Vercel, ce gradient descend par place à un milligal pour 20$^{km}$. Il atteint un milligal par kilomètre, c'est-à-dire 20 fois plus, dans la zone du vignoble et dans le chaînon de la Chapelle-des-Buis. Il est d'environ 0,5 milligal par kilomètre dans la région du Lomont.

Dans la zone externe du Jura, l'hypothèse de M. Lugeon, reprise par M. Bonte, se heurte ainsi aux faits apportés par la Gravimétrie.

Dans cette région, des territoires se différenciaient probablement, avant l'orogénie tertiaire, par des variations d'épaisseur de la couverture secondaire, correspondant à des dénivellations du socle primaire. C'est donc *sur un substratum déjà compartimenté que la couverture secondaire a glissé localement.*

L'ajustement de la couverture sur le socle a alors produit des distensions au-dessus des dénivellations du socle et a amené l'ouverture de cicatrices parallèles aux bords des voussoirs (pincées de Voujeaucourt, Chapelle-des-Buis, Chaîne de l'Euthe, Poligny). Les compensations isostatiques ont ensuite provoqué des compressions et des torsions entre des compartiments voisins (gouttière de Salins). En outre, le Trias a joué son rôle, bien connu, de terrain plastique et mobile facilitant les glissements ou accentuant les poussées locales.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Existe-t-il chez les Oiseaux un rapport entre* A, *les dimensions des éléments anatomiques de la rétine, et* B, *le volume du globe oculaire?* Note de M. **André Rochon-Duvigneaud**, présentée par M. Louis Lapicque.

A. *Éléments anatomiques de la rétine.* — 1° La couche des noyaux des cellules visuelles (grains externes) est formée d'éléments allongés perpendiculairement aux surfaces de la rétine. Ils se superposent en couches d'autant plus nombreuses qu'ils correspondent à un plus grand nombre de cônes et de bâtonnets juxtaposés au-dessus d'eux sur la même surface. Étirés ou ovoïdes, leur volume est peu différent d'une espèce à l'autre (voir plus loin).

2° La couche des grains internes (cellules bipolaires, noyaux des cellules de Müller, amacrines etc.) est épaisse et fournie de petits éléments, d'un diamètre moyen de 4 à $6^{\mu}$, suivant les espèces.

3° Les cellules ganglionnaires, superposées en 5 à 6 couches aux abords de la fovea, se juxtaposent en une seule couche vers la périphérie de la rétine. Elles ont généralement un diamètre de 5 à $6^{\mu}$, avec, çà et là, un élément de même nature, mais plus gros pouvant atteindre de 8 à $10^{\mu}$.

B. Les petites différences de dimensions des éléments rétiniens sont négligeables en regard des *énormes variations de volume que nous montre le globe oculaire des différentes espèces d'Oiseaux*. Nous comparons à ce double point de vue, et suivant la série décroissante de leur longueur d'axe antéro-postérieur (A. P.), l'œil du Grand Duc, celui de l'Aigle fauve, de la Buse, de l'Hirondelle de fenêtre, du Martinet, de la Mésange à longue queue.

*Grand Duc.* A. P., $36^{mm}$. Grains externes, hauts et minces, $5^{\mu}$. Grains internes, $5^{\mu}$; cellules ganglionnaires, 5 à $6^{\mu}$, quelques-unes plus grosses.

*Aigle fauve.* A. P., $30^{mm}$. Grains externes ovoïdes, larges de $4^{\mu}$, hauts de 7 à $8^{\mu}$. Grains internes, $4^{\mu}$. Cellules ganglionnaires, $6^{\mu}$, avec quelques variations de taille.

*Buse commune.* A. P., $23^{mm}$. Grains externes, hauteur $10^{\mu}$, largeur $5^{\mu}$. Grains internes, 4 à $5^{\mu}$. Cellules ganglionnaires, $6^{\mu}$.

*Martinet noir.* A. P., $11^{mm}$. Grains internes, 4 à $5^{\mu}$. Cellules ganglionnaires, $5^{\mu}$.

*Hirundo rustica*. A. P., $8^{mm},5$. Grains internes, $4^{\mu}$. Cellules ganglionnaires, $6^{\mu}$.

*Mésange à longue queue*. A. P., $7^{mm}$. Grains externes, $4^{\mu}$ sur 5 à $6^{\mu}$; Grains internes (bipol.), $4^{\mu}$. Cellules ganglionnaires, $5^{\mu}$.

Nous avons examiné en outre des espèces appartenant à des genres *très différents* : un Ratite, *Rhea americana* (Nandou), des Palmipèdes, Fou de Bassan, *Sterna hirundo*, Grèbe castagneux; des Échassiers, Marabout du Sénégal, Bécasseau variable, Œdionème; des Gallinacés : Faisan, Poule domestique, Dinde, Perdrix rouge, Caille; des Passereaux : Pie-Grièche à tête rousse, Mésange charbonnière, Engoulevent etc., sans trouver d'exception de quelque importance à cette règle que les *cellules rétiniennes des Oiseaux sont de dimensions petites et très peu différentes aussi bien dans les yeux volumineux que dans les petits yeux et cela quel que soit l'ordre envisagé*.

L'épaississement de la rétine autour de la fovea et notamment chez les Oiseaux à grande acuité visuelle (Rapaces diurnes, Insectivores etc.) résulte d'un accroissement du nombre, non du volume des fibres rétiniennes.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Présence de* sucre combiné *dans le lait de femme*. Note de Mme **Magdeleine Husset-Bierry**, présentée par M. Léon Binet.

Dans le sang les glucides existent sous deux formes : 1° de *sucre libre*, *d*-glucose; 2° de *sucre combiné* aux protéides, *sucre protéidique* (galacto-acétyl-glucosamino-mannose). Le glycogène également se trouve dans le foie pour une part importante lié à des protides (Willstätter, Tsaï, Bierry et Gouzon etc.). Le lait renferme-t-il aussi des glucides complexes à l'état de combinaison?

A la suite de nombreuses analyses faites sur le lait de femme, en utilisant comparativement divers déprotéinants et des méthodes de dosages variées, je peux répondre par l'affirmative. En effet, il est possible de séparer des divers constituants du lait auxquels il est lié un complexe glucidique. Une étude méthodique a montré qu'on pouvait distinguer trois parties dans ce complexe hydrocarboné : une partie acido-labile qui correspond à la présence d'un ester phosphorique du galactose; une partie alcalino-labile qui contient une *substance galactogène* susceptible de donner facilement du galactose; enfin, une partie acidosable constituée par un diholoside, différent du lactose, qui, sous l'influence des acides, se scinde en glucose et galactose. En sorte que finalement deux aldoses (*d*-galactose et *d*-glucose) peuvent être séparés, identifiés et dosés dans les liquides d'extraction, où ils se trouvent dans la proportion de $3^{mol}$ du premier pour $1^{mol}$ du second.

D'une part on sait, en ce qui concerne certaines oses, que le passage de l'un à l'autre est grandement facilité par la phosphorylation préalable de l'un d'entre eux (Levene, Robison). D'autre part la présence de sucre combiné est surtout très nette dans les laits *non stabilisés* prélevés au moment où la glande mammaire est en pleine évolution.

Pour ces raisons et d'autres d'ordre physiologique : richesse de la glande mammaire en phosphatase, etc., il est permis de penser que ce complexe glucidique représente la *substance mère* du lactose vainement cherchée par Paul Bert et Schützenberger, et le *lactose precursor* de Weinbach. Grâce aux divers éléments renfermés dans le complexe natif, il est possible de suivre en quelque sorte les différentes étapes de la synthèse physiologique du lactose.

Ce dernier, qui constitue l'aliment hydrocarboné exclusif de l'enfant, lui apporte le galactose, nécessaire à la constitution du sucre protéidique et des cérasines et phrénosines du tissu nerveux.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Évolution, après la métamorphose, des gonades de* Rana temporaria *masculinisées sous l'action de l'hormone mâle*. Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré [1] que l'injection précoce et entretenue, à des têtards de *Rana temporaria*, d'hormone mâle (propionate de testostérone en solution huileuse), entraîne une différenciation testiculaire totale chez tous les individus traités. J'ai opéré sur une race *indifférenciée* (race vosgienne de Hennezel). Dans une telle race, on sait que mâles et femelles traversent une phase femelle, facile à constater au moment de la métamorphose. Le résultat obtenu indique donc que pour les mâles génétiques, la phase transitoire femelle ne s'est pas manifestée, tandis que pour les femelles génétiques, une inversion complète dans le sens mâle a été réalisée.

Dans de nouvelles recherches, j'ai suivi le sort des jeunes grenouilles ainsi masculinisées et j'ai procédé à leur élevage après la métamorphose, jusqu'à l'âge de 6 mois et, dans certains cas, un an, les injections hormonales étant suspendues après la métamorphose. Deux questions se posaient :

1° Le sexe mâle induit chez les mâles génétiques était-il définitif ?

2° Les gonades des femelles génétiques masculinisées allaient-elles, secondairement et progressivement, évoluer vers une différenciation femelle, en d'autres termes la masculinisation induite était-elle temporaire ou définitive ?

Après quelques essais, j'ai considéré cinq séries expérimentales qui ont été conduites de la manière suivante :

Dans chaque série correspondant à une même ponte, j'ai retenu deux lots d'animaux, élevés dans des conditions identiques.

Un premier lot d'animaux témoins est considéré, et autopsié partie au moment de la métamorphose, partie après le 100e jour de vie et jusqu'à la fin du sixième mois.

L'observation montre que dans ce lot, tous les animaux sont femelles au moment de la métamorphose (race *indifférenciée*), tandis qu'après le 100e jour les deux sexes apparaissent suivant une *sex-ratio* qui s'approche du rapport 1 ♂ : 1 ♀.

---

[1] *Bull. Biol. France et Belg.*, **72**, 1938, p. 269.

Un second lot reçoit, pendant la vie larvaire et depuis la fin du stade *branchies externes*, une série d'injections de propionate de testostérone en solution huileuse, suivant des modalités dont le détail sera exposé ultérieurement, et qui s'apparentent à celles de son premier travail.

La dernière injection a lieu un peu avant la métamorphose. Celle-ci se déroule pendant la fin du deuxième mois de la vie (50ᵉ au 65ᵉ jour en moyenne). La métamorphose achevée, une partie des animaux est sacrifiée immédiatement, l'autre partie du lot est constituée par des animaux qui sont élevés dans des cages adéquates, et les injections sont suspendues. Périodiquement des prélèvements sont faits, les animaux autopsiés et étudiés histologiquement, ceci depuis le 100ᵉ jour (correspondant à la différenciation ♂ chez les témoins) jusqu'au neuvième mois de la vie. On peut ainsi comparer l'évolution des témoins et des animaux traités.

Les résultats ont été les suivants :

*a*. A la métamorphose, tous les individus traités (55 en tout) sont des mâles. Ceci confirme mon premier travail.

*b*. Entre le 100ᵉ jour et le neuvième mois, tous les animaux *demeurent mâles* (128 individus) et la *gonade continue à se développer en testicule* (tubes séminifères, voies efférentes). L'aspect des gonades est exactement semblable à celui d'animaux mâles capturés dans la nature.

Ainsi le sexe mâle, induit sous l'action du propionate de testostérone, est permanent, chez les mâles, comme chez les femelles génétiques. Rien n'indique, après neuf mois, qu'une modification quelconque doive intervenir, cependant que chez les témoins l'établissement du sexe définitif s'opère aux environs du 100ᵉ jour de la vie.

Ce résultat est intéressant à considérer, si on le compare à ceux obtenus dans les autres classes de Vertébrés, chez lesquelles des recherches du même ordre ont été poursuivies. L'hormone est sans action sur les gonades (Mammifères) ou extrêmement discrète [2], ou bien (Oiseaux) l'inflexion sexuelle obtenue (sens ♂ → ♀) est temporaire, les individus faisant retour ultérieurement au sexe génétique. Enfin la transformation totale et permanente de femelles génétiques en mâles physiologiques chez les Batraciens, permet de concevoir la possibilité de croiser entre eux deux individus ayant la même constitution génétique et de vérifier les idées qu'on a actuellement sur le mécanisme de la détermination sexuelle. Ce problème, dont l'importance théorique ne peut échapper, est expérimentalement difficile à résoudre sur *Rana temporaria*, à cause des difficultés d'élevage; il reste abordable sur d'autres Batraciens et de nouvelles expériences à ce sujet sont en cours.

La séance est levée à 15ʰ45ᵐ.

L. B.

---

(2) A. RAYNAUD, *Actualités scientifiques et industrielles*, 925-926, Paris, 1942.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 24 MAI 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le catalposide, hétéroside des fruits du Catalpa.* Note (¹) de MM. **Henri Colin** (†), **Georges Tanret** (†) et Mlle **Marie-Magdeleine Chollet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le catalposide (anciennement dénommé catalpine) a été isolé pour la première fois par Claassen, en 1888, à partir des fruits et de la racine du *Catalpa bignonoïdes* Walt. (*Bignonia catalpa* L.). Claassen, dès cette époque, avait indiqué quelques-unes de ses propriétés : son aspect cristallin, son aptitude à former du réducteur quand on le chauffe avec $SO^4H^2$ étendu, ses caractères de solubilité.

En vue d'une étude plus précise, l'un de nous (²) a préparé cet hétéroside de la manière suivante, différente de celle indiquée par Claassen.

La pulpe et l'enveloppe des fruits du Catalpa ont été épuisées, à deux reprises, par de l'alcool à 95° bouillant. Les liqueurs d'extraction, après distillation, ont été neutralisées à la baryte et déféquées par l'acétate neutre de plomb. La baryte et le plomb en excès ayant été éliminés par $SO^4H^2$, la liqueur a été agitée avec de l'éther pour enlever l'acide acétique, puis, concentrée. Par refroidissement, elle a laissé déposer le catalposide.

Le produit obtenu était impur. Il avait entraîné des traces de matière colorante brune. Il a été repris par de l'acétate d'éthyle à l'ébullition ; la liqueur a été filtrée bouillante ; les impuretés sont restées sur le filtre, et l'on a obtenu une belle cristallisation d'aiguilles groupées en touffes légères, parfaitement blanches.

Le catalposide est un hétéroside, formé de *d*-glucose β et d'un aglycone instable qui fonce aussitôt libéré, passant du jaune verdâtre au noir. Il se place

---

(¹) Séance du 17 mai 1943.

(²) Ce travail a été conçu par G. Tanret en 1934, et c'est lui qui a préparé le catalposide. Il a été repris par H. Colin et M.-M. Chollet. Cette dernière croit utile de publier le travail au point où l'a laissé la mort subite de H. Colin. Des informations complémentaires viendront en temps utile.

ainsi à côté de l'aucuboside, isolé par Bourquelot et Hérissey des baies de l'*Aucuba japonica*, et de l'aspéruloside étudié par Hérissey.

Il s'en distingue, de prime abord, par les caractères que voici :

1° Sa saveur très amère;

2° Ses cristaux en longues aiguilles soyeuses et flexueuses, obtenus à partir de la solution aqueuse ou alcoolique;

3° Sa solubilité très faible dans l'eau froide. A 15°, $100^{cm^3}$ d'eau dissolvent $0^g,600$ de catalposide séché à l'air ou $0^g,540$ de produit déshydraté par chauffage à 110°.

4° Ses deux points de fusion. Que le catalposide ait été, ou non, au préalable, déshydraté par chauffage à 110°, on observe, au bloc Maquenne, un premier ramollissement vers, 160°, suivi d'une fusion à 165° en un liquide transparent, qui se solidifie à nouveau, commence à brunir vers 190° et fond en un liquide brun à 212°.

5° Son pouvoir rotatoire. En solution aqueuse, $[\alpha_D]^{15°} - 149°$ pour le produit séché à l'air (— 165°,9 pour le produit anhydre).

Le catalposide ne donne pas la réaction de Charaux. Quelques cristaux introduits dans $5^{cm^3}$ d'alcool à 90° avec une goutte de ClH ne provoquent aucune coloration; dans ces conditions, l'aucuboside donne au contraire une belle coloration bleue persistante et l'aspéruloside une coloration vert bleu. Par chauffage avec $NO^3H$, sa solution se colore en jaune, le milieu virant au brun lorsqu'on introduit quelques gouttes d'ammoniaque (réaction dite *xanthoprotéique*). En présence de traces de $SO^4Cu$, en mileu alcalin, elle prend une coloration rose très intense (réaction analogue à celle dite du biuret).

Le catalposide brûle sans laisser de cendres. Si son aglycone renferme des acides paraoxybenzoïque et protocatéchique, comme les travaux de Piutti et Comanducci ([3]) permettent de le supposer, ceux-ci ne s'y trouvent donc pas à l'état salifié. Pendant la combustion, on peut observer un dégagement abondant de vapeurs verdâtres, odoriférantes.

Le catalposide, comme le produit noir libéré lors de son hydrolyse, sont sensiblement neutres aux réactifs colorés. Tous deux sont réducteurs; $25^{mg}$ de catalposide libèrent $18^{mg}$ de cuivre, un peu plus du tiers de ce qu'en libère le même poids de glucose.

L'émulsine hydrolyse facilement cet hétéroside à la température de 20°. Le milieu brunit lentement. Passé quelques jours, la coloration ne fonce plus. Elle paraît même s'éclaircir comme cela se produit lors de l'hydrolyse de l'aspéruloside. Jamais le milieu ne devient brun noir comme avec l'aucuboside.

L'acide sulfurique à 1 % après 48 heures de contact à la température de 20°

---

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 27, 1902, p. 615.

n'a provoqué aucune coloration. Au bain-marie bouillant le milieu devient jaune verdâtre, puis il se trouble, virant au brun. Un produit noir, provenant de la décomposition de l'aglycone flocule et précipite.

Dans ces conditions il faut six heures pour achever l'hydrolyse. La liqueur restant après filtration du produit noir est limpide et réductrice. Elle agit sur la lumière polarisée, sensiblement à la manière d'une solution de glucose de même concentration.

Pour $35^{cm^3}$ d'une solution saturée à 15° ($0^g,600$ % de catalposide séché à l'air ou $0^g,54$ de produit déshydraté à 110°), après 6 heures d'hydrolyse, on a obtenu $55^{mg},6$ de produit noir. La solution restante, ramenée au volume initial, donnait $\alpha = +12'$, $R = 20/5$, ce qui correspond à $[\alpha_D]^{15°} = +50°$.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle :* Tome XVII : *Géographie physique et géologie du Cameroun occidental*, par Bernard Gèze. Texte et Atlas.

TOPOLOGIE. — *Groupes* ($\mathcal{V}$) *et espaces complètement quasi réguliers.* Note de M. **Antoine Appert**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note introduit et étudie une généralisation de la notion de groupe topologique. Cette généralisation s'obtient en laissant tels quels les axiomes usuels des groupes, mais en généralisant la notion de topologie, les seuls axiomes topologiques supposés étant ceux des espaces ($\mathcal{V}$) [espaces à voisinages de M. Fréchet ([1])]. Le résultat obtenu consiste en ceci que l'introduction de la structure de groupe dans la structure topologique ainsi entendue, impose à cette structure topologique de profondes limitations; elle entraîne en particulier la nécessaire réalisation de l'axiome de transitivité $\alpha$ (à savoir $\overline{\overline{E}} = \overline{E}$, $\overline{E}$ désignant la fermeture d'un ensemble E) et de l'axiome de séparation $T_3$ de L. Vietoris ([2]).

J'admettrai la terminologie de mon Ouvrage, *Propriétés des espaces abstraits les plus généraux* (2 vol., Paris, 1934). Soit P un espace ($\mathcal{V}$). Supposons que l'on ait défini pour tout couple ordonné de points $a$ et $b$ de P une opération (multiplication) $ab$ vérifiant les axiomes usuels des groupes et telle que de plus les deux axiomes suivants soient satisfaits :

---

([1]) *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 172.

([2]) *Monatshefte f. Math. u. Phys.*, 31, 1921, pp. 173-204.

1° L'opération $a^{-1}$ est continue.

2° L'opération $ab$ est continue par rapport à l'ensemble des variables $a$ et $b$, autrement dit est continue sur le produit topologique $P \times P$ (je veux dire qu'étant donné un couple quelconque de points $a$ et $b$ de P et un voisinage arbitraire $V_c$ de $c = ab$, il existe deux voisinages $V_a$ de $a$ et $V_b$ de $b$ respectivement, tels que les hypothèses $x \in V_a$ et $y \in V_b$ entraînent $xy \in V_c$).

Alors je dirai que P est un *groupe* ($\mathcal{V}$). Si de plus P était un espace ($\mathcal{V}$) particulier, par exemple un espace accessible, un espace régulier etc. je dirais que P est respectivement un groupe accessible, un groupe régulier, etc. On a les théorèmes suivants :

I. *Tout groupe* ($\mathcal{V}$) *vérifie* $\alpha$ *et* $T_3$, à savoir :

$T_3$. Quels que soient le point $a$ et l'ensemble fermé F disjoint de $a$, il existe deux ensembles disjoints auxquels $a$ et F sont respectivement intérieurs.

II. *Tout groupe* ($\mathcal{V}$) *est un espace symétrique au sens de K. Fan* [3] [c'est-à-dire que pour deux points quelconques $a$ et $b$, la relation $a \in (\bar{b})$ entraîne $b \in (\bar{a})$].

III. *Tout groupe* ($\mathcal{V}$) *vérifiant l'axiome* 2° *de F. Riesz* [4] (*à savoir* $\overline{E+F} = \bar{E} + \bar{F}$) *satisfait à la condition suivante* [5] :

C. Si un point $a$ n'appartient pas à $\bar{E}$, il existe une fonctionnelle continue sur tout l'espace, prenant la valeur 0 en $a$ et la valeur 1 sur E, et appartenant toujours à l'intervalle (0,1).

K. Fan [3] a appelé espace quasi accessible tout espace ($\mathcal{V}$) vérifiant $\alpha$ et 2° de F. Riesz, et il a appelé espace quasi régulier tout espace quasi accessible vérifiant $T_3$. J'appellerai espace *complètement quasi régulier* tout espace quasi accessible vérifiant C. Les espaces accessibles, réguliers et complètement réguliers [5] peuvent se définir comme étant respectivement les espaces quasi accessibles, quasi réguliers et complètement quasi réguliers vérifiant l'axiome 3° de F. Riesz [4] (à savoir $\bar{E} = E$ quand E n'a qu'un seul point); un espace complètement quasi régulier n'est pas toujours un espace complètement régulier.

IV. *Dans tout espace* ($\mathcal{V}$), *la condition* C *entraîne* $\alpha$ *et* $T_3$. *Par conséquent on peut définir un espace complètement quasi régulier comme étant un espace* ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *de F. Riesz et* C. *De plus tout espace complètement quasi régulier est quasi régulier, mais la réciproque n'est pas toujours vraie.*

Les théorèmes III et IV entraînent que :

V. *Tout groupe* ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *de F. Riesz est complètement quasi régulier.*

---

[3] *Comptes rendus*, **211**, 1940, pp. 348-351. K. Fan numérote $T_2$ l'axiome que j'appelle ici $T_3$.

[4] M. Fréchet, *op. cit.*, p. 181.

[5] Les notions de condition C et d'espace complètement régulier sont dues à Tychonoff (*Math. Ann.*, **102**, 1930, pp. 544-561).

Les théorèmes précédents contiennent comme cas particuliers des résultats dus à divers auteurs, parmi lesquels je citerai les plus généraux, à savoir : le théorème de A. Kolmogoroff ([6]) [ce théorème de Kolmogoroff généralise un résultat de van Dantzig (*Math. Ann.*, 107, 1933], selon lequel tout groupe accessible est régulier, autrement dit vérifie $T_3$; le théorème de Pontrjagin ([7]), d'après lequel tout groupe accessible vérifie C.

Je remarque enfin qu'un espace complètement quasi régulier n'est pas toujours quasi normal au sens de K. Fan ([3]), et qu'un espace quasi normal n'est pas toujours complètement quasi régulier.

Les principaux résultats de la présente Note avaient été résumés par moi dans deux lettres des 7 et 13 novembre 1940, adressées à K. Fan et communiquées en même temps à M. Fréchet.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Esquisse d'une théorie des familles complexes normales.* Note ([1]) de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Paul Montel.

Soit un ensemble $f$ de $n+1$ fonctions $f_0, f_1, \ldots, f_n$, holomorphes dans un certain domaine D du plan de la variable complexe $x$. M. Montel a étudié de tels ensembles en leur étendant la notion de famille normale ([2]). Mais cette extension ne permet pas d'atteindre les propriétés des familles dont chaque ensemble présente des combinaisons linéaires exceptionnelles. Des travaux récents de MM. H. et J. Weyl et de M. Ahlfors nous ont conduit à penser qu'une modification sensible de la définition de M. Montel aurait d'heureuses répercussions sur la théorie qui, malgré une légère complication, resterait élégante et présenterait des applications intéressantes. Dans l'étude des algébroïdes, en particulier, on est conduit à rassembler ainsi des propriétés connues et à en établir de nouvelles qui, quoique prévues depuis longtemps, n'avaient jamais reçu de démonstration. Ici, comme toujours, la Théorie des familles normales apportera l'unité et la cohérence des résultats.

Nous allons donner les grandes lignes de la théorie des familles complexes normales que nous proposons; elle se développe de façon analogue à celle des familles normales ordinaires.

*Préliminaires.* — Soient d'abord des ensembles de $n+1$ nombres complexes non tous nuls. Nous ne considérons pas comme distincts deux tels ensembles qui sont proportionnels. A deux ensembles $w^{(1)}$ et $w^{(2)}$ distincts nous faisons

---

([6]) *Studia mathematica*, 5, 1934, p. 31.

([7]) A. Weil (*Sur les espaces à structure uniforme...*, Paris, 1937, p. 13) mentionne, pour la première fois à ma connaissance, ce théorème qu'il déclare lui avoir été communiqué par Pontrjagin dans une lettre inédite. Voir aussi Pontrjagin, *Topological groups*, Princeton University, Press, 1939.

([1]) Séance du 17 mai 1943.

([2]) Cf. P. Montel, *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques et leurs applications.*

correspondre la quantité

$$[\varpi^{(1)}, \varpi^{(2)}] = \sqrt{\frac{\Sigma\,|\,\varpi_i^{(1)}\varpi_j^{(2)} - \varpi_j^{(1)}\varpi_i^{(2)}\,|^2}{\Sigma\,|\,\varpi_i^{(1)}\,|^2 \times \Sigma\,|\,\varpi_i^{(2)}\,|^2}},$$

que nous appelons leur *distance*. Cette définition est en accord avec les propriétés usuelles de la distance. Nous dirons qu'un ensemble variable $\varpi$ tend vers un ensemble fixe $\varpi^{(0)}$ (ou bien encore que $\varpi$ est convergent et que $\varpi^{(0)}$ est sa limite) lorsque la distance $[\varpi, \varpi^{(0)}]$ tend vers zéro.

Soient maintenant des ensembles de $n+1$ fonctions de la variable complexe $x$ définies dans un domaine D. Nous supposons que les fonctions d'un même ensemble ne s'annulent jamais simultanément, et nous ne considérerons pas comme distincts deux ensembles dont l'un se déduit de l'autre en multipliant les $n+1$ fonctions qui le composent par une même fonction de $x$. Nous dirons qu'un ensemble de fonctions est *continu* en un point $x_0$ de D, si la distance des ensembles des valeurs des fonctions aux points $x_0$ et $x$ tend vers zéro quand $x$ tend vers $x_0$. La définition de la continuité dans un domaine et celle de la *continuité uniforme* sont évidentes. (On montre qu'un ensemble continu dans un domaine fermé y est uniformément continu.) Nous nous limiterons à l'étude des familles d'ensembles continus. Nous dirons que des ensembles de fonctions appartenant à une famille sont *également continus dans l'intérieur* de D si, à tout domaine D' complètement intérieur à D et à tout nombre $\varepsilon$, on peut faire correspondre un nombre $\eta$ tels que, $x$ et $x'$ étant deux points quelconques appartenant à D' et satisfaisant à $|x - x'| < \eta$, on ait $[f(x), f(x')] < \varepsilon$ quel que soit l'ensemble $f(x)$ de fonctions de la famille que l'on considère.

Une suite d'ensembles de fonctions est *convergente* si, pour chaque valeur de la variable $x$, la suite d'ensembles des valeurs des fonctions l'est. On définit de façon évidente la *convergence uniforme* d'une suite. (Les critères de Cauchy sur la convergence et la convergence uniforme s'appliquent.) Si une suite d'ensembles continus de fonctions converge uniformément, l'ensemble limite est continu.

*Définition.* — Une famille d'ensembles de fonctions définies dans un domaine D y est *normale* si, de toute suite infinie d'ensembles de cette famille, on peut extraire une suite partielle uniformément convergente dans l'intérieur de D.

*Critère de normalité.* — Pour qu'une famille d'ensembles de fonctions définies dans un domaine D y soit normale, il faut et il suffit que les ensembles de la famille soient également continus dans l'intérieur de D.

Voici enfin une propriété importante : une substitution linéaire fixe, effectuée sur les ensembles d'une famille, conduit à une nouvelle famille qui est normale en même temps que la première.

Passons maintenant au cas particulier des ensembles de fonctions holomorphes. Soit une suite d'ensembles de fonctions holomorphes uniformément

convergente; les fonctions de l'ensemble limite ne sont pas complètement définies puisqu'on peut les multiplier toutes par une même fonction arbitraire; on peut en profiter pour mettre cette limite sous forme d'un ensemble de fonctions holomorphes (ne s'annulant pas simultanément); de plus, les fonctions de chaque ensemble de la suite peuvent être multipliées par une fonction holomorphe ne s'annulant pas, de façon qu'il y ait convergence uniforme *au sens ordinaire* des ensembles de la suite vers l'ensemble limite. (Cette propriété importante pourrait servir de définition aux familles complexes normales.)

*Critère de normalité.* — Pour qu'une famille d'ensembles $f(x)$ de fonctions holomorphes soit normale il faut et il suffit que l'expression

$$\frac{\sqrt{\Sigma\,|f_i f'_j - f_j f'_i|^2}}{\Sigma\,|f_i|^2}$$

soit également bornée dans l'intérieur de D pour tous les ensembles de la famille.

Voici, pour finir, un autre critère : si chaque ensemble $f(x)$ d'une famille présente $2n+1$ mêmes combinaisons linéaires exceptionnelles, la famille est normale en général. Le cas exceptionnel est celui où, parmi les $2n+1$ combinaisons, on en peut trouver $n+1$ qui ne sont pas linéairement indépendantes.

RAYONS X. — *Sur une extension de la méthode de radiographie par réflexion.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai montré [1] qu'en microradiographie par réflexion, l'action photoélectrique des électrons secondaires se traduit par une densité photographique croissant avec le numéro atomique; les courbes reproduites dans le travail précité, et qui ne sont pas des droites, donnent l'allure du phénomène pour des films ou du papier photographique peu sensible (chlorure d'argent).

Ces résultats ont été étendus d'une part en utilisant des films beaucoup plus rapides, et d'autre part en étudiant l'influence de la filtration du rayonnement X incident.

I. La méthode de microradiographie par réflexion nécessite en principe des émulsions très peu sensibles [2]. Toutefois, j'ai constaté que, moyennant certaines précautions, il est possible d'utiliser également des émulsions courantes à grain fin (*Panatomic* Kodak). Les temps de pose sont alors considérablement réduits, et sont de l'ordre de quelques secondes. L'emploi de tels films étend le domaine d'application de la méthode; il permet d'effectuer de

---

(1) *Comptes rendus,* 216, 1943, p. 179.

(2) *Comptes rendus,* 213, 1941, p. 833; *ibid.,* 214, 1942, p. 164; *Science et Industrie photographique,* 2, XII, 1942, pp. 1-11

véritables radiographies par réflexion, qui peuvent ensuite être agrandies de 20 à 30 fois.

II. Lorsqu'on étudie le noircissement de tels clichés en fonction du numéro atomique des éléments irradiés, et dans les conditions décrites dans notre précédente Note (¹) (150 à 200 kV $d$ : 80 cm), on observe que l'étain (N = 50) donne un noircissement plus faible que le plomb (N = 82), alors qu'en théorie ce dernier métal devrait produire une impression photographique plus intense (*fig.* 1) (à gauche).

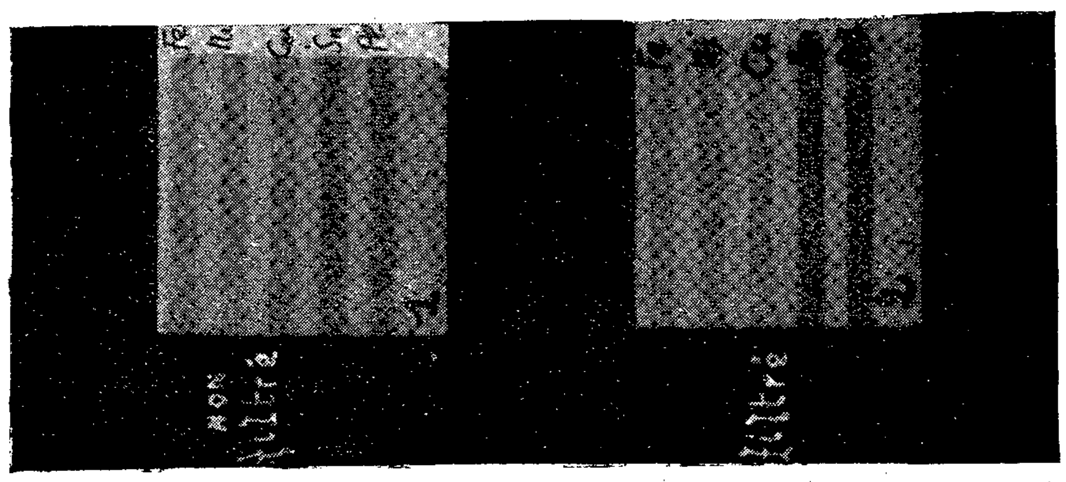


Fig. 1. Fig. 2.

Ce fait est dû, ainsi que l'a prouvé A. Guinier (³), à la partie molle du spectre continu émis par l'ampoule à rayons X; en éliminant celle-ci par une filtration par 4$^{mm}$ de cuivre, et en reprenant des radiographies par réflexion dans ces nouvelles conditions, on constate que les densités photographiques sont, cette fois, exactement proportionnelles aux numéros atomiques des éléments (*fig.* 2) (à droite). Le tableau suivant donne les chiffres obtenus au moyen d'un densitomètre Capstaff-Purdey :

| Élément irradié. | N° atomique. | Densité photographique sans filtre. | Densité photographique avec filtre. |
|---|---|---|---|
| Fe | 26 | 1,22 | 0,83 |
| Ni | 28 | 1,24 | 0,85 |
| Cu | 29 | 1,28 | 0,86 |
| Sn | 50 | 1,38 | 0,94 |
| Pb | 82 | 1,40 | 1,10 |

Les points représentatifs obtenus avec filtre se placent alors rigoureusement suivant une droite; des éléments très voisins, comme Fe, Ni et Cu, sont même différenciés. Il est donc possible, grâce à la filtration, de réaliser, par la méthode de radiographie par réflexion utilisant les photoélectrons, de véritables *analyses qualitatives;* cette observation permet de prévoir des applications dans le domaine de l'étude des alliages et des minerais.

(³) *Revue Scient.* (sous presse); voir aussi H. E. SEEMANN, *Journal of Applied Physics*, 8, n° 12, 1937, pp. 836-845.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence des traitements thermiques et mécaniques sur le coefficient de Poisson des métaux et des alliages.* Note de MM. **Pierre Chevenard** et **Charles Crussard**, présentée par M. Léon Guillet.

Au cours de nos travaux sur la variation thermique du coefficient de Poisson $\sigma$ (1), nous avons dû préparer les éprouvettes selon une technique définie dans tous ses détails, sous peine d'une forte dispersion des résultats. Une telle sensibilité donnait l'espoir de trouver dans le coefficient $\sigma$ un réactif délicat, propre à éclairer l'histoire thermique et mécanique d'un échantillon. C'est pourquoi nous avons entrepris de rechercher comment le coefficient de Poisson, mesuré à température ordinaire, varie avec les principaux facteurs qui définissent l'état physicochimique et structural d'un métal.

Nos expériences ont porté sur des aciers proprement dits, des austénites fer-nickel et fer-nickel-chrome et des alliages légers d'aluminium, après divers traitements. Pour chaque état initial, on soumet une éprouvette à des recuits successifs, poussés à des températures $\theta_r$ de plus en plus élevées, puis on mesure $\sigma$ par la méthode de Kirchhoff; la même expérience donne les modules E et $\mu$ de Young et de Coulomb, puis on détermine la dureté $\Delta$ avec un scléromètre Vickers. Les résultats ainsi obtenus en fonction de $\theta_r$ sont groupés sur des diagrammes (voir *fig.* 1).

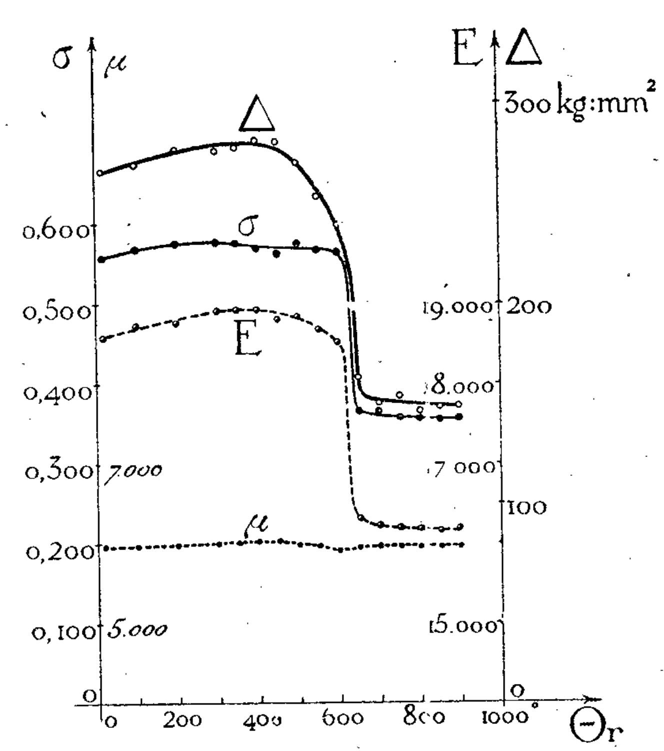



Fig. 1.

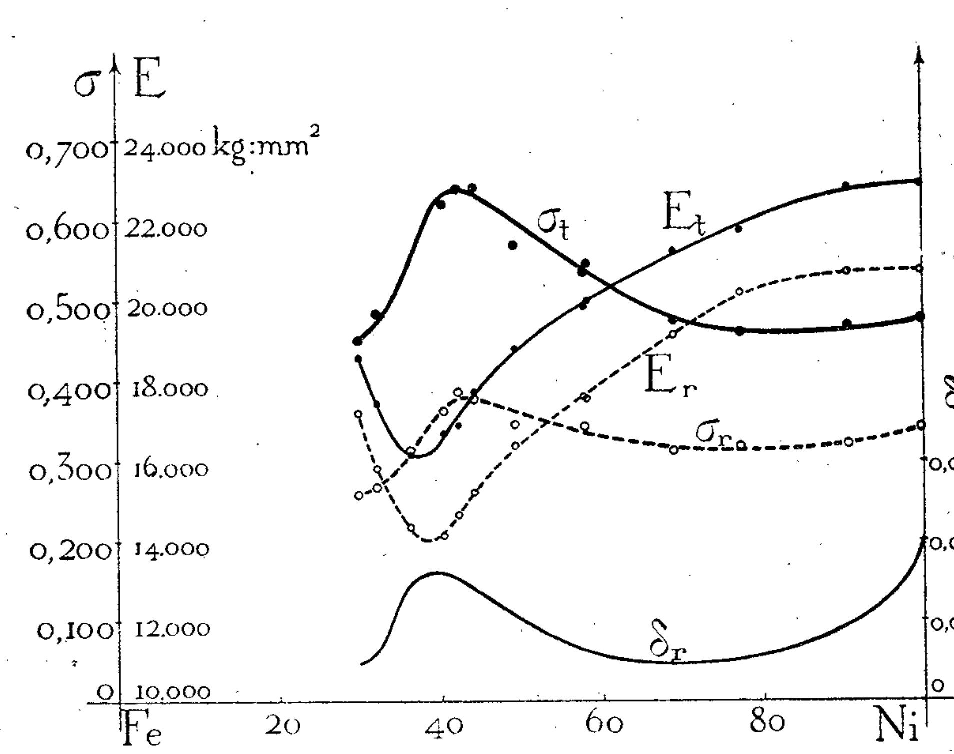



Fig. 2.

1. Si l'état initial est déterminé par un *traitement thermique* : recuit, trempe ou hypertrempe, effectué à température assez élevée pour détruire les effets d'un écrouissage antérieur, le recuit exerce sur $\sigma$ une action relativement faible, bien que nettement mesurable. Dans une série de ferronickels réversibles hypertrempés à 1000° dans l'eau, on note un relèvement continu atteignant

(1) *Comptes rendus*, 215, 1941, p. 58.

0,03, pour des valeurs de $\sigma_{20}$ comprises entre 0,25 et 0,39. Il se produit une variation du même ordre, à partir de $\sigma_{20} = 0,33$, par recuit d'un ferronickel chromé carburé préalablement hypertrempé, traitement qui détermine une précipitation de carbure riche en chrome avec augmentation de la dureté et apparition de l'hétérogénéité secondaire (²). Le durcissement spontané d'un duralumin n'entraîne pour $\sigma$ qu'une variation voisine de 0,01.

Le revenu des aciers trempés fait décroître le coefficient de Poisson. Le changement est d'amplitude faible : 0,025 à 0,035 pour des valeurs initiales de 0,30 à 0,33; mais il est en relation précise avec les accroissements de la densité et des modules d'élasticité qui accompagnent la décomposition de la martensite.

Si le métal est *écroui* par un travail à froid ou par une déformation exercée au-dessous du point d'adoucissement, le recuit impose au coefficient de Poisson une variation parfois très importante, dont l'amplitude et le signe dépendent du métal et du mode d'écrouissage. Le recuit consécutif à un étirage à la filière relève le coefficient $\sigma$ de certains aciers, alors qu'il abaisse celui des ferronickels réversibles. Ainsi, pour un ferronickel à 49 % Ni allongé de 44 % par tréfilage (*fig.* 1), la courbe $\sigma$ tombe à l'aplomb de 640° et l'amplitude du crochet atteint — 0,22. Mais, à la place d'une chute, on observe une ascension de 0,05 si le barreau est écroui par torsion : ce changement de signe prouve l'intervention de l'anisotropie produite par l'écrouissage.

Les résultats obtenus dans l'étude des ferronickels réversibles (solutions Fe$\gamma$-Ni) sont d'un intérêt particulier. Dans la figure 2, la courbe $\sigma_t$ concerne des barreaux recuits à 900°, puis étirés de 44 % à la filière, et $\sigma_r$ les mêmes barreaux après recuit; les courbes $E_t$, $E_r$ représentent le module d'Young aux mêmes états. Enfin, pour faciliter les rapprochements, on a reproduit la courbe $\delta_r$ du frottement interne à l'état recuit, extraite d'un travail antérieur.

Partant de 29 % Ni, les deux courbes $\sigma_t$, $\sigma_r$ s'élèvent, atteignent un maximum vers 42 % Ni, redescendent puis, après un minimum étalé, se relèvent légèrement à l'approche du nickel pur. Leur parenté d'allure avec la courbe $\delta_r$ est évidente. On retrouve l'*anomalie réversible* du coefficient de Poisson liée à la transformation magnétique des ferronickels, signalée dans notre précédente Note. Tout comme le frottement interne, le coefficient de Poisson des ferronickels voisins de l'invar augmente quand on passe de l'état paramagnétique à l'état ferromagnétique moins condensé et moins rigide. A propos du revenu des aciers trempés, nous avons déjà noté qu'une modification physicochimique conduisant à un état plus dense et à des modules d'élasticité plus élevés fait baisser le coefficient de Poisson.

Au voisinage de 40 % Ni, $\sigma$, mesuré par la méthode de Kirchhoff, atteint 0,64, valeur de beaucoup supérieure au maximum 0,5 assigné par la théorie

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1144.

du solide isotrope. Cette valeur anormale tient précisément à l'anisotropie créée par le tréfilage, et d'ailleurs démontrée par d'autres propriétés. Mais l'ampleur de la variation déterminée par le recuit, et le changement du signe de cette variation quand on substitue l'effet transversal de la torsion à l'effet longitudinal de l'étirage, font du coefficient de Poisson un *révélateur sensible de l'anisotropie* d'origine mécanique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la mise en évidence du durcissement structural des alliages aluminium-zinc.* Note de MM. **Jean Herenguel** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Léon Guillet.

On sait que les solutions solides aluminium-zinc préparées à partir des métaux industriels ne présentent pas, d'une façon appréciable, le phénomène du durcissement structural; celui-ci apparaît lorsqu'on fait des additions très faibles de magnésium à cet alliage [1].

Nous avons préparé des solutions solides aluminium-zinc à partir de métaux de très haute pureté; nous avons alors constaté que les solutions solides aluminium-zinc ainsi obtenues étaient susceptibles de donner un très fort durcissement structural après des temps de revenu relativement courts à la température ambiante. Dans ce travail, nous avons montré que de faibles additions de magnésium et de fer ne font que modifier l'allure du phénomène, c'est-à-dire la vitesse d'établissement de la dureté et la valeur maximum de celle-ci.

Dans cette étude, nous nous sommes bornés à suivre par la mesure de la dureté Brinell, l'évolution du phénomène de durcissement en fonction du temps de revenu à la température ambiante, à 15°. La solution solide était, à l'origine, trempée aussi rapidement que possible dans l'eau froide, après un chauffage d'homogénéisation à la température de 450°.

Le diagramme de la figure 1 indique la dureté en unités Brinell en fonction du logarithme des temps pour plusieurs teneurs en zinc. Pour l'alliage à 3 % de zinc, le durcissement n'est pas observable. Au contraire, pour l'alliage à 12 %, l'intensité du durcissement, qui peut être exprimée par la relation $i = \Delta_D - \Delta_T/\Delta_T \times 100$ dans laquelle $\Delta_D$ est la dureté de l'alliage revenu, et $\Delta_T$ la dureté de l'alliage trempé, atteint une valeur considérable : ce coefficient est supérieur à 250 %. Les vitesses d'établissement de ce durcissement maximum varient dans de très grandes limites, puisqu'il s'effectue en 15 minutes pour l'alliage à 12 % et en 24 heures pour l'alliage à 6,5 % de zinc. Nous n'avons pas pu effectuer de mesures suffisamment rapides sur l'alliage à 20 %, avec lequel ce phénomène se produit en 15 secondes environ.

---

[1] Les alliages Al-Mg-Zn à haute teneur en zinc. Hérenguel et G. Chaudron, *Métaux, Corrosion, Usure*, février 1943, **18**, n° **210**, p. 30.

Nous avons étudié l'action de différentes teneurs en magnésium sur le durcissement. Nous constatons qu'il se développe beaucoup plus lentement, même pour des teneurs extrêmement faibles, 0,02 par exemple. Pour 0,60 % on constate une assez longue période, après trempe, pendant laquelle il n'est pas possible d'observer un accroissement sensible de la dureté.

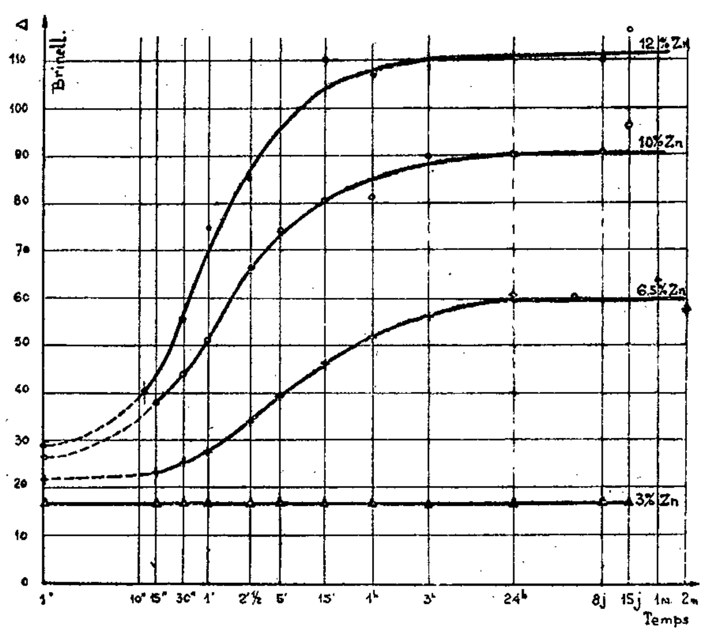



Fig. 1.

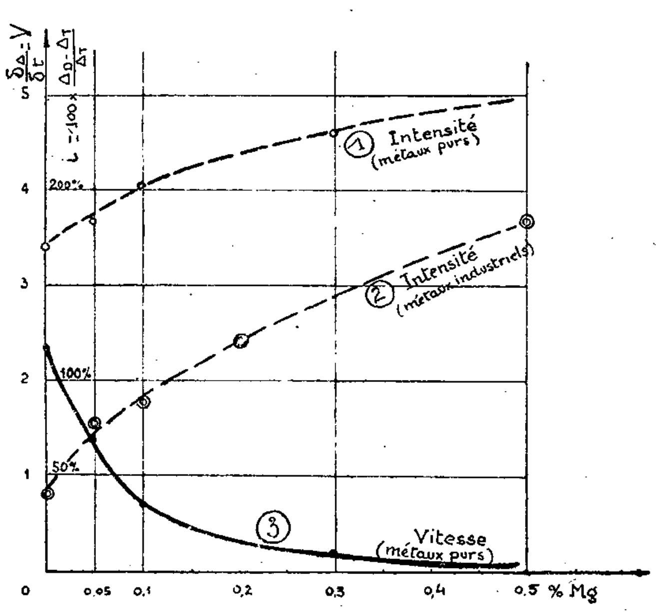



Fig. 2.

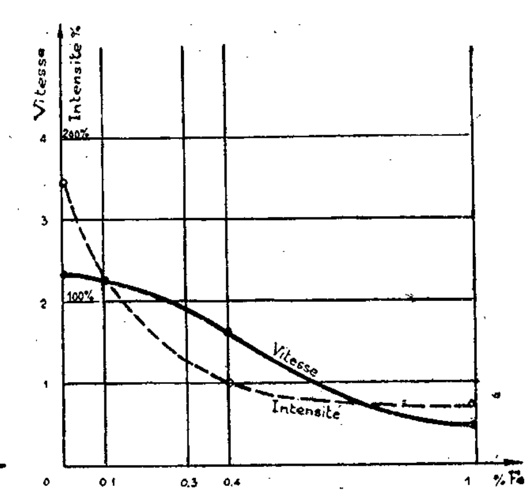



Fig. 3.

Fig. 1. — Alliages Al-Zn en métaux purs. Évolution de la dureté par revenu à la température ordinaire après la trempe à l'eau à 450°.

Fig. 2. — Vitesse et intensité du durcissement sur l'alliage Al-Zn à 6,5 pour 100 en fonction de la teneur en magnésium (métaux purs et métaux industriels).

Fig. 3. — Vitesse et intensité du durcissement sur l'alliage Al-Zn à 6,5 pour 100 en fonction de la teneur en fer (métaux purs).

Le diagramme de la figure 2 résume nos expériences dans le cas de l'alliage à 6,5 % de zinc; il nous indique la variation de l'intensité du durcissement (courbe 1) et de la vitesse d'établissement de ce phénomène (courbe 3) en fonction de la teneur en magnésium. La courbe 2 de ce diagramme indique l'intensité du durcissement à partir de métaux industriels (Al 99,6, Zn 99,9). Nous voyons que cette courbe 2 coupe l'axe des ordonnées un peu au-dessous de $i = 50$ %. En effectuant la mesure de dureté très rapidement après trempe, on constate ce durcissement.

Nous avons également étudié l'action de petites additions de fer. Dans ce cas, il y a également diminution de la vitesse d'établissement du durcissement, Mais les additions de fer font baisser très rapidement l'intensité du phénomène. Ces résultats sont résumés dans le diagramme de la figure 3. Ils permettent de comprendre pourquoi les alliages industriels, qui contiennent toujours des teneurs en fer de l'ordre de 0,3 %, ne présentent qu'un très faible durcissement structural qui avait passé inaperçu avant ces expériences, surtout étant donnée la grande vitesse de son établissement.

Si l'on ajoute du magnésium à des alliages aluminium-zinc de pureté industrielle, il semble que l'on détruit l'effet du fer (courbe 2 de la figure 2) et l'on ralentit, comme dans le cas des métaux de haute pureté la vitesse d'établis-

sement du phénomène. On constate également, comme parfois dans le cas de métaux purs, une période d'incubation au début du revenu à la température ambiante. Ces travaux sont à rapprocher des recherches de M. L. V. Gayler [2], confirmées plus récemment par D. A. Pétrov [3] sur le rôle du fer dans le durcissement des solutions solides aluminium-cuivre : cet élément gêne également dans ce cas le phénomène du durcissement structural.

Nous pensons avoir montré par là même l'intérêt des recherches faites dans ce domaine sur des alliages préparés avec des métaux de très grande pureté.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés du pentène-4 ol-1. Application à la préparation du divinylméthane.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait aujourd'hui préparer très commodément le pentène-4 ol-1 par action des métaux alcalins sur les halogénures de tétrahydrofurfuryle

$$\underbrace{CH^2—CH^2—CH^2—CH}_{O}—CH^2X + 2Me' \rightarrow CH^2{=}CH—CH^2—CH^2—CH^2OMe' + XMe'.$$

Le sodium divisé, et surtout l'alliage $Na^2K$, que son état liquide et sa légèreté préservent de l'enrobement par l'alcoolate formé, conviennent particulièrement à cette réaction. En traitant, par exemple, le chlorure de tétrahydrofurfuryle par la quantité calculée d'alliage $Na^2K$ dans les conditions indiquées par l'un de nous [1], on a pu obtenir le pentène-4 ol-1 avec un rendement de 93 %.

Il nous a donc semblé que cet alcool pourrait avantageusement servir de matière première à la préparation du divinylméthane, et c'est ce qui nous a conduits aux essais de déshydratation indiqués ci-dessous

*Action de l'acide sulfurique.* — En distillant lentement un mélange de penténol ($20^{cm^3}$) et d'acide sulfurique concentré ($5^{cm^3}$), on n'observe pratiquement pas de déshydratation. L'alcool se cyclise en *méthyl-2 tétrahydrofurane*

$$CH^2{=}CH—CH^2—CH^2—CH^2—OH \rightarrow CH^3—\underbrace{CH—CH^2—CH^2—CH^2}_{O}.$$

Le penténol se comporte ici exactement comme l'éther monovinylique du glycol [2], qui, dans les mêmes conditions, conduit à l'acétal du glycol et non pas à l'oxyde de vinyle

$$CH^2{=}CH—O—CH^2—CH^2OH \rightarrow CH^3—\underbrace{CH—O—CH^2—CH^2}_{O}.$$

---

(2) *J. Inst. of Metals*, 1937, n° 1, p. 75.
(3) *J. Inst. of Metals*, 1938, n° 1, p. 63.

(1) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 751.
(2) Hill et Pidgeon, *J. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 1928.

Le méthyltétrahydrofurane a été ainsi obtenu avec un rendement de 88 % ; le produit a été identifié par ses constantes (É 80°; $D_{18}^{10}$ 0,863; $N_D^{10}$ 1,40941) qui sont en bon accord avec celles qu'indique la littérature ([3]).

*Action du sulfate acide de sodium.* — En dirigeant des vapeurs de penténol sur une colonne de ponce imprégnée de $SO^4HNa$, et chauffée à 170°, on obtient encore presque uniquement du méthyltétrahydrofurane; toutefois, le rendement est moindre que dans le cas précédent.

*Déshydratation sur alumine.* — Par déshydratation catalytique du penténol sur alumine, à 390°, on a obtenu non pas le pentadiène-1.4, mais son isomère le *pentadiène*-1.3 ou *méthylbutadiène*, bouillant à 41-42° ($D_{15}^{16}$ 0,680; $N_D^{16}$ 1,42055) et donnant un tétrabromure fusible à 114°,5.

Le rendement est faible (15 %); il se forme en outre du méthyltétrahydrofurane (rdt. 11 %) qui est probablement le premier terme de l'action de l'alumine sur le penténol. On sait en effet que le méthyltétrahydrofurane peut être déshydraté catalytiquement en méthylbutadiène ([4]).

*Pyrolyse de l'acétate de pentényle.* — Les travaux de Wibaut et van Pelt ([5]) ont établi que la décomposition pyrogénée des acétates d'alcools primaires donnait les carbures éthyléniques correspondants, et cela sans migration des doubles liaisons.

En dirigeant l'acétate de pentényle dans un tube Pyrex rempli de coton de verre et chauffé vers 560°, on observe une décomposition presque totale de l'ester. Du distillat, neutralisé par la soude, on n'isole, en dehors d'un peu d'acétone, qu'un seul carbure bouillant à 26°-27°. Les constantes de ce produit

$D_{16}^{13}$ 0,672; $N_D^{13}$ 1,3919; R. M., calc., 24,36; tr. 24,09,

montrent qu'il s'agit bien cette fois du *pentadiène*-1.4 ou *divinyl-méthane*

$$CH^3CO^2{-}CH^2{-}CH^2{-}CH^2{-}CH{=}CH^2 \rightarrow CH^3CO^2H + CH^2{=}CH{-}CH^2{-}CH{=}CH^2.$$

Le rendement atteint 60 % ; traité par le brome en solution chloroformique, le divinylméthane donne avec un rendement de plus de 90 % le tétrabromopentane-1.2.4.5, sous forme de lamelles fusibles à 85°5-86°.

Le divinylméthane avait déjà été préparé par Kogerman avec un rendement de 15 % en condensant le bromure d'allyl-magnésium avec le chlorure de vinyle ([6]). Schœmaker et Boord l'obtinrent ensuite avec un rendement de 56 % par l'action du zinc sur l'éthoxy-2 bromo-1 pentène-4 ([7]); mais l'étude de la bromuration de leur produit montre qu'il s'agit certainement

---

([3]) R. PAUL, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 417.
([4]) Société des Usines de Melle.
([5]) WIBAUT et VAN PELT, *Rec. Tr. Chim. des Pays-Bas*, 60, 1941, p. 55.
([6]) KOGERMAN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 5060.
([7]) SCHOERMAKER et BOORD, *ibid.*, 53, 1931, p. 1510.

d'un carbure impur, si bien que nous avons tout lieu de croire que la pyrolyse des esters du penténol constitue, à l'heure actuelle, la meilleure méthode de synthèse du divinylméthane.

PHYSIOLOGIE. — *Action glycogénoformatrice sur le foie de l'extrait total de lobe antérieur d'hypophyse. Analyse de son mécanisme d'action chez le Chien.* Note [1] de M. **Auguste Loubatières**, présentée par M. Léon Binet.

Les travaux par lesquels B. A. Houssay [2], F. G. Young [3] et leurs collaborateurs ont cherché à préciser l'effet et le mécanisme d'action des injections d'extrait total et frais de lobe antérieur d'hypophyse sur le glycogène hépatique du Chien, n'ont pas abouti à des conclusions démonstratives.

Mes recherches apportent quelques faits de nature à éclaircir ce problème. Elles ont été effectuées sur une vingtaine de chiens normaux ou dépancréatés, placés dans des conditions expérimentales étroitement définies et modifiées, suivant les expériences, de manière à provoquer d'importantes répercussions sur la teneur du foie en glycogène.

Pour justifier la valeur des conclusions auxquelles j'aboutis, je crois utile de souligner les points suivants :

1° Les animaux sont restés en bon état pendant toute la durée des expériences, dans l'intervalle des prélèvements de foie, effectués au bistouri électrique sous anesthésie à l'éther [4]. L'absence de schock opératoire est prouvée par le fait que les chiens, réchauffés dans un thermostat, sortaient rapidement de la narcose, circulaient dans le laboratoire et acceptaient la nourriture qui leur était offerte.

2° Les taux de glycogène donnés ci-après sont la moyenne de deux dosages effectués avec une microméthode donnant toute satisfaction, sur des échantillons de $500^{mg}$ environ de tissu, prélevés sur le même lobe de foie [5].

3° L'extrait stérile utilisé est préparé selon une technique déjà publiée [6]. Il est doué de la propriété diabétogène. Un centimètre cube équivaut à $1^g$ de lobe antérieur frais. Il est injecté par voie sous-cutanée ou intrapéritonéale.

Voici les résultats obtenus et les conclusions qui peuvent en être tirées :

1° Chez le Chien normal à jeun depuis 2 à 8 jours, l'injection quotidienne

---

[1] Séance du 10 mai 1943.

[2] B. A. Houssay, A. Biasotti et R. G. Dambrosi, *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1937, p. 542.

[3] *The Journ. of Endocrinology*, 1, 1939, pp. 339-355.

[4] P. Cristol, L. Hédon, A. Loubatières et P. Monnier, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 637.

[5] A. Loubatières, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 699; L. Hédon et A. Loubatières, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 20, 1938, p. 910.

[6] A. Loubatières, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 23, 1941, p. 1380.

d'extrait (8 à 10g par jour) provoque en 4 jours l'accumulation de quantités importantes de glycogène. Le taux initial, évalué pour 100 de tissu frais, peut être plus que sextuplé malgré la prolongation de l'état d'inanition, particulièrement si le taux de départ est bas. Le volume et le poids du foie s'élèvent également (jusqu'à 5,8 % du poids du corps), de telle sorte que la quantité globale de glycogène accumulée sous l'influence de l'extrait est considérable.

2° Le Chien normal recevant un régime alimentaire déterminé (800g de viande cuite par jour) présente un taux élevé de glycogène dans le foie. Celui-ci augmente encore, demeure égal ou diminue légèrement en 4 à 5 jours sous l'influence de l'extrait. Comme le volume et le poids du foie s'accroissent également (jusqu'à 7 % du poids du corps), le résultat final est l'accumulation de quantités importantes de glycogène dans le foie, que l'animal présente une légère glycosurie ou non.

3° Chez le Chien dépancréaté, privé d'insuline, à jeun ou alimenté, les injections quotidiennes d'extrait total pendant 4 jours n'ont pas le moindre effet glycogénoformateur sur le foie. Le taux de glycogène demeure inférieur à 0,3 %.

4° Si l'on injecte au Chien totalement dépancréaté à jeun ou alimenté, simultanément de l'extrait total de lobe antérieur et de l'insuline à doses suffisantes pour maîtriser le diabète, un dépôt important de glycogène peut être trouvé dans le foie (jusqu'à 4,55 % du tissu frais). La suppression de l'insuline avec continuation des injections d'extrait provoque en quelques heures la disparition presque complète de ce dépôt.

5° L'injection d'insuline élève le taux de glycogène hépatique quand celui-ci est préalablement abaissé à la fois par la suppression de l'hormone pancréatique et l'injection de doses importantes d'extrait total de lobe antérieur.

Ces expériences montrent donc que l'extrait total du lobe antérieur exerce chez le Chien normal une puissante action glycogénoformatrice sur le foie. Celle-ci n'apparaît pas chez le Chien dépancréaté privé d'insuline.

Je conclus que *le processus glycogénoformateur ne résulte pas chez le Chien normal d'une action directe de l'extrait sur le foie. La sécrétion endocrine du pancréas est un facteur nécessaire à sa manifestation.* Cette conclusion est d'ailleurs en accord avec les observations histologiques de K. C. Richardson [7] qui, chez des chiens ayant reçu des injections d'extrait total de lobe antérieur, a vu que les cellules des îlots de Langerhans présentent dans ces conditions des signes indiscutables de stimulation.

---

(7) *Proc. Roy. Soc. London*, **128**, 1940, pp. 153-169.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la non-sensibilité des follicules ovariques à l'action de l'hormone lutéinisante chez* Bufo vulgaris. Note de M. **Pierre Rey**, présentée par M. Charles Pérez.

On sait que, chez les Mammifères, le follicule ovarique subit après la ponte ovulaire une évolution spéciale qui aboutit, à la suite de processus histologiques assez complexes, à la formation d'un corps jaune par transformation des cellules folliculaires en cellules glandulaires spéciales, les cellules lutéiniques, dont le produit de sécrétion, la progestérone, joue un rôle important dans la gestation. Une transformation comparable se produit chez certains Reptiles, aussi bien d'ailleurs chez des espèces ovipares que chez des espèces vivipares; elle n'est donc pas liée nécessairement à la viviparité [H. Weekes, 1934 (1)]. Chez les Oiseaux et les Batraciens, par contre, il n'y a pas formation de corps jaunes véritables, bien que ce nom soit donné parfois, à tort, au produit de la transformation des follicules après la ponte. Cependant chez les Oiseaux, on peut observer, au moins dans certains cas [J. Hett, 1923 (2); R. Pearl et A. M. Boring, 1918 (3)], des processus histologiques (pénétration du tissu conjonctif de la thèque entre les cellules de l'épithélius folliculaire) rappelant certains de ceux qui existent chez les Mammifères. Mais, chez les Batraciens, le follicule subit une dégénérescence pure et simple.

Voici quelles sont chez *Bufo vulgaris* les grandes lignes de cette dégénérescence. Très rapidement, après l'expulsion de l'ovule, les cellules de l'épithélium folliculaire, qui se sont détachées de la thèque, se vacuolisent et leur noyau se chromatolyse; la masse totale se fragmente en petites masses granuleuses qui disparaissent progressivement, la plus grande partie étant vraisemblablement éliminée dans la cavité générale par l'orifice d'évacuation resté ouvert. Au bout d'une dizaine de jours environ, il ne reste plus trace de l'épithélium folliculaire. La thèque subit aussi une régression progressive : les vaisseaux qu'elle contient disparaissent rapidement, les cellules qui la constituent dégénèrent successivement. Le follicule ainsi réduit à la thèque dégénérée, dans laquelle on peut cependant reconnaître longtemps trois couches de noyaux, va en diminuant de taille et finit par disparaître presque complètement au bout d'un mois et demi environ.

Chez les Mammifères, la transformation du follicule en un corps jaune est commandée par une hormone d'origine hypophysaire, l'hormone lutéinisante, et elle ne se produit pas en son absence. On peut donc se demander si dans les groupes où il n'y a pas formation de corps jaune, le fait est dû à l'absence de

(1) *Proc. Linn. Soc. N. S. Wales*, 59, 1934, pp. 380-391.
(2) *Arch. f. mikr. Anat.*, 97, 1923, pp. 718-838.
(3) *Amer. J. of Anatomy*, 23, 1918, pp. 1-16.

sécrétion d'hormone lutéinisante par l'hypophyse, ou à l'absence de réaction des tissus du follicule à cette hormone. En ce qui concerne les Oiseaux, J. L. Léonard ([4]), chez le Poulet; Witschi, Stanley et Riley ([5]), chez le Dindon, ont montré que l'hypophyse contient bien de l'hormone lutéinisante.

J'ai effectué quelques expériences sur *Bufo vulgaris* pour répondre à la question en ce qui concerne les Batraciens. Des femelles, capturées dans un étang au moment de la reproduction, ont été placées dans des aquariums au laboratoire et leur ponte observée. Aussitôt celle-ci effectuée (elle suit de près l'expulsion des ovules dans la cavité générale), les animaux ont été répartis en deux lots : ceux du premier ont servi de témoins, ceux du deuxième ont reçu en injection, immédiatement après la ponte, puis toutes les 48 heures, une unité Lapin d'hormone lutéinisante ([6]). Dans chaque lot, un ou plusieurs animaux ont été sacrifiés, respectivement après 6, 10, 16 et 24 jours et leurs ovaires examinés en coupes histologiques. L'examen n'a permis de révéler entre les animaux traités et les animaux témoins aucune différence dans l'évolution des follicules, qui, dans tous les cas, a été celle décrite plus haut. En particulier, il n'a pu être décelé aucune trace de bourgeonnement des vaisseaux ou du tissu conjonctif de la thèque, qui est le premier processus histologique de l'évolution du follicule en corps jaune chez les Mammifères et celui qui se retrouve chez les Reptiles et certains Oiseaux.

Ainsi donc, chez *Bufo vulgaris* l'hormone lutéinisante n'exerce aucune action morphogénétique sur les tissus du follicule. Ce résultat, s'ajoutant à ceux indiqués plus haut pour les Oiseaux, montre que, dans la série des Vertébrés, les tissus constitutifs des follicules, bien qu'homologues au point de vue anatomique, ne le sont pas du point de vue physiologique et ne présentent pas les mêmes capacités réactionnelles à une même hormone.

MICROBIOLOGIE. — *Action du bacille M. de Lemoigne sur l'acide pyruvique.* Note ([1]) de MM. **Pierre Heitzmann** et **Norbert Grelet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il a été montré par l'un de nous ([2]) que le bacille M de Lemoigne, aérobie strict, peut transformer en anaérobiose le glucose si on lui fournit de l'acide acétylacétique. La présence d'un accepteur d'hydrogène à potentiel d'oxydo-réduction inférieur à celui de l'acide pyruvique provoque une glycolyse.

---

([4]) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 37, 1937, pp. 566-568.

([5]) *Ibid.*, 36, 1937, pp. 647-651.

([6]) Cette hormone m'a été aimablement fournie par la maison Byla, à qui j'adresse ici mes remercîments.

([1]) Séance du 17 mai 1943.

([2]) Pierre Heitzmann, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 509.

Il nous a paru intéressant d'examiner si d'autres accepteurs d'hydrogène pouvaient jouer le même rôle et nous nous sommes adressés en premier lieu à l'acide pyruvique.

Le métabolisme bactérien de l'acide pyruvique qui est un intermédiaire des fermentations lactiques et alcooliques a été étudié par de nombreux auteurs. Si avec la levure il est décarboxylé en aldéhyde, H. A. Krebs ([3]) a montré qu'en l'absence d'oxygène cet acide subissait avec le gonocoque une dismutation suivant l'équation

$$(1) \qquad 2CH^3COCO^2H + H^2O \rightarrow CH^3CHOHCO^2H + CH^3CO^2H + CO^2.$$

Les techniques et les méthodes de dosage que nous avons utilisées avec le bacille M ont déjà été décrites par l'un de nous ([4]). L'acide pyruvique a été dosé par la méthode de G. D. Lu ([5]).

Pour 1g de bacilles frais lavés avec KCl 0,9 %, on ajoute 7cm³ KCl 0,9 %; 2cm³ bicarbonate de sodium 5 % et 2cm³ eau + substrats (atmosphère d'azote à 10 % de $CO^2$). Durée d'incubation 3 heures à 31°. Tous les chiffres du tableau représentent des μmol ($10^{-6}$ mol).

| Substrat ajouté par cm³ | Néant. | Glucose (55). | Pyruvate de Na (82,5). | Glucose (55); Pyruvate de Na (82,5). |
|---|---|---|---|---|
| Par cm³ d'émulsion | | | | |
| Acidité libérée | 9,8 | 23,5 | 13,0 | 73 |
| Glucose disparu | – | 5,0 | – | 21,5 |
| Acide pyruvique disparu | – | – | 42,5 | 65,5 |
| » acétique formé | 2,1 | 1,95 | 4,0 | 4,95 |
| » lactique formé | 3,0 | 2,75 | 9,7 | 44,5 |
| » β-hydroxybutyrique formé | 5,4 | 5,9 | 6,4 | 7,6 |
| » acétylacétique formé | 0,18 | 0,19 | 1,85 | 1,05 |

Il ressort donc de ces expériences :

1° qu'en absence de glucose, une partie seulement (variable d'ailleurs suivant les expériences) de l'acide pyruvique disparu subit la dismutation en acides lactique, acétique, et en anhydride carbonique;

2° qu'en présence de glucose et d'acide pyruvique une forte glycolyse est déclenchée; que par ailleurs la quantité d'acide pyruvique disparu augmente (65,5 contre 42,5).

Globalement l'excédent d'acide lactique formé ($44,5 - 9,7 = 34,8$) correspond à l'excédent du glucose disparu ($21,5 - 5,0 = 16,5$).

Il est probable qu'une partie de l'acide pyruvique disparu a subi la même dismutation qu'en absence de glucose; le reste provoque l'oxydation d'une

---

([3]) *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 661.

([4]) Pierre Heitzmann, *Thèse*, Paris, 1942.

([5]) *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 1441.

partie du glucose et est réduit en acide lactique, en jouant le rôle d'un accepteur d'hydrogène de même que l'acide acétylacétique est réduit en acide β-hydroxybutyrique.

La poursuite de ces recherches nous aidera à comprendre le mécanisme de la glycolyse chez les microbes aérobies stricts.

A $16^h$ l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres par la mort de M. *Jules-Louis Breton*, présente la liste suivante :

| | |
|---|---|
| *En première ligne* ............. | M. **Gaston Ramon**. |
| *En seconde ligne*, ex æquo *par ordre alphabétique* .......... | MM. **Joseph Bougault**.<br>**Louis Hackspill**.<br>**Henri Piéron**. |
| *En troisième ligne*, ex æquo *par ordre alphabétique* .......... | MM. **Pierre Chevenard**,<br>**André Kling**. |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 31 MAI 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sels et dérivés des tricrotonylidènetétramines.* Note de M. **Marcel Delépine.**

Les tricrotonylidènetétramines décrites dans une Note précédente (1) sont des bases faibles. Leur solution aqueuse bleuit le tournesol, mais vire dès l'addition de moins de 2/10 d'équiv. d'acide fort pour 1 mol. de base; elle rougit la phtaléine, mais se décolore par 5 à 6/10 d'équiv. d'acide; avec le méthylorange, le virage se produit beaucoup plus loin, vers 2,5 à 2,8 équiv., peu nettement, et n'atteint pas 3, qui est cependant le chiffre qui résulte de la nature des sels isolés. A l'état de bases elles précipitent nombre de sels métalliques : zinc, cadmium, mercure, cuivre, fer, cobalt, aluminium, chrome, plomb, étain, et sans doute beaucoup d'autres. Les sels de nickel ne précipitent qu'à chaud; le bichlorure de mercure donne un précipité blanc qui devient jaune, puis se change en calomel, surtout si l'on chauffe; cette précipitation n'a pas lieu avec les chlorhydrates. Les sels de magnésium ne précipitent pas. On n'a pas examiné si les précipités étaient des oxydes ou des sels basiques.

Les sels d'argent réagissent différemment; le nitrate seul a été examiné. Il forme des combinaisons cristallisées qui rappellent celles de l'hexaméthylènetétramine et de la triéthylidènetriamine (aldéhydate d'ammoniaque).

La base *a* donne $C^{12}H^{24}N^4.2NO^3Ag.3OH^2$. Ce corps s'obtient en mélangeant des solutions tièdes à 1/10 de base et de nitrate d'argent; il se précipite aussitôt des lamelles incolores, miroitantes, en parallélogrammes, hexagones et triangles minces, solubles en 72 p. d'eau à 20°, insolubles dans l'alcool et l'éther. Une solution de base à 1/100 précipite. *Analyse :* Trouvé : perte à 105°, 8,77; Ag, 34,66, au lieu de $3OH^2$, 8,73; Ag, 34,90.

Le dérivé *b* a pour formule $C^{12}H^{24}N^4.2NO^3Ag.2OH^2$. Il se présente en

---

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 649.

lames et prismes hexagonaux réguliers bien nets, sol. en 35 p. d'eau à 20°. *Analyse*. Tr. perte à 100°, 5,87; Ag, 35,88, au lieu de $2OH^2$, 6,00; Ag, 35,96. Comme le précédent, il se dissout dans l'acide azotique et dans l'ammoniaque.

Sous un autre rapport, les tricrotonylidènetétramines se comportent souvent comme les bases alcaloïdiques : précipités plus ou moins solubles avec l'acide picrique, l'iode ioduré, les ferro- et ferricyanures, l'acide chloroplatinique, le sel de Reinecke; elles forment des sels où leur tribasicité est des plus nettes, comme on le verra par les descriptions suivantes où B signifie $C^{12}H^{24}N^4$.

*Chlorhydrate de la base a*. B.3ClH. — Beaux prismes hexagonaux pyramidés, décrits par Würtz et par Kudernatsch. Comme l'a indiqué Würtz, ils sont très solubles dans l'eau, mais un excès d'acide chlorhydrique les rend moins solubles : j'ai trouvé, par exemple, que $1^g$ de base à $6OH^2$, $1^{cm^3}$ d'eau et $1^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique concentré donnaient une solution dont 1 nouveau $cm^3$ d'acide séparait une abondante cristallisation.

*Chlorhydrate de la base b*. B.2ClH. — La base *b* se dissout aisément à raison de $1^g$ dans $1^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique concentré sans qu'un excès d'acide provoque de séparation. Pour avoir le sel solide, il faut évaporer la solution dans le vide, chasser l'excès d'acide, redissoudre dans le moins d'eau possible et précipiter par l'alcool absolu; il se forme une émulsion qui ne se résout bien en un solide cristallin que par addition d'éther anhydre. Cl % tr. 31,4 au lieu de 31,9.

*Sulfate de la base a*. $B^2(SO^4H^2)^3$, $12OH^2$. — Beaux cristaux transparents, très solubles, ressemblant à du sulfate de sodium, obtenus en évaporant légèrement une solution de base hexahydratée ($3^g$,32) dans la quantité voulue d'acide sulfurique 10N ($3^{cm^3}$). Ils s'effleurissent un peu à l'air et perdent $9^{mol}$ d'eau à 90°. Trouvé % : N. 11,4; S, 10,0; $OH^2$, 16,2 au lieu de N, 11,7; S, 10,05; $9OH^2$, 16,9. La solution aqueuse précipitée par l'alcool donne un sirop qui, broyé longuement avec de nouvel alcool, se change en poudre blanche moins hydratée; concentrée, elle précipite par ClH, $NO^3H_{conc.}$, mais non par $SO^4H^2$.

*Sulfate de la base b*. — Préparé comme le précédent, il ne cristallise pas; on aboutit à une masse vitreuse, absolument transparente, non hygroscopique. La solution très concentrée ne précipite pas par ClH, $NO^3H$.

*Chloroplatinate a*. $B^2(PtCl^6H^2)^3$, $12OH^2$. — Würtz a cité deux chloroplatinates $B.3ClH.2Cl^4Pt$ et $(B.4ClH)^2$, $3Cl^4Pt$. Celui que j'ai obtenu correspond à la formule normale ci-dessus; comme cette formule ne diffère de la dernière de Würtz que par 18 Cl au lieu de 20, j'ai dosé à la fois le chlore et le platine pour m'assurer que l'excédent demandé par la formule de Würtz n'existait pas. Trouvé % : Cl, 33,51; Pt, 30,56, au lieu de Cl, 33,69; Pt, 30,92. La perte d'eau à 100-104° n'a été que de 10,6-10,7; à 125°, de 12,2, alors que le calcul pour $12OH^2$ exige 11,41; la perte de poids se récupère par exposition à l'air. Ce chloroplatinate se présente en petits prismes rectangulaires, jaune orangé, solubles en 4 p. d'eau à 20°. Cette grande solubilité coutraste avec celle beaucoup moindre du chloroplatinate *b*.

*Chloroplatinate b* $B^2(PtCl^6H^2)^3$, $12OH^2$. — Il ne se dissout que dans 140 p. d'eau et à 20° et se précipite en belles lames orangées, brillantes, à contour hexagonal régulier ou groupées en rosaces à 6 branches. Recristallisé d'une solution chaude, il se présente en beaux prismes hexagonaux (sans pyramides) ou en tables hexagonales assez épaisses. On y a trouvé % : Cl, 34,02; Pt, 31,15; 30,92 au lieu de Cl, 33,69 et Pt, 30,92. A 140°, il semble encore contenir $1^{mol}$ $OH^2$; séché, il reprend son poids à l'air.

La forme hexagonale, très reproductible, caractérise bien la base *b*, grâce à sa solubilité assez faible. On la retrouve dans le chloroiridate, également peu soluble, de formule $B^2(IrCl^6H^2)^3$, $12OH^2$.

*Chromodiammoniotétrasulfocyanates*. B[Cr(NH$^3$)$^2$(CNS)$^4$H]$^3$. — *Isomère a*. — On dissout 1$^g$ de base à 6OH$^2$ dans 1$^{cm^3}$,2 de ClH conc. en 100$^{cm^3}$ d'eau et ajoute 6$^g$ de sel de Reinecke en solution limpide dans 400$^{cm^3}$ d'eau; il se fait un volumineux précipité d'aiguilles et de lamelles rouges, qu'on redissout en tiédissant; après 2 jours, on récolte des cristaux grenus de forme rhombique à dômes très inclinés. On en obtient plus de 2$^g$, ce qui indique une solubilité faible. Trouvé % : O$^3$Cr$^2$ sur sel séché à 60°, 19,6 au lieu de 19,3 calculé. Le sel se dissout un peu dans l'alcool, davantage dans l'acétone.

*Isomère b*. — Préparé comme le précédent, il est en belles lamelles rouges, brillantes, à contour hexagonal allongé, plus solubles dans l'alcool que l'isomère *a*.

*Ferrocyanures*. B$^4$[Fe(CN)$^6$H$^4$]$^3$, 32OH$^2$. — On les obtient par double décomposition entre les sels de la base et le ferrocyanure de potassium, ou plus simplement en ajoutant de l'acide acétique à une solution de base et de ferrocyanure. Une solution contenant 1/2000 de base *a* précipite nettement; pour la base *b*, il faut atteindre 1/300.

Le ferrocyanure de la base *a* est en petites lamelles micacées, à peine jaunes, hexagonales, bien régulières, ayant la formule ci-dessus. Trouvé % : perte à 105°, 26,24; O$^3$Fe$^2$, 11,22; calc. 32OH$^2$ 27,3; O$^3$Fe$^2$ 11,32.

Celui de la base *b* est en touffes de petites aiguilles bien formées, de couleur jaune pâle verdâtre, de même composition, mais ne perdant que 28OH$^2$ à 105°; trouvé % : perte, 24,0; O$^3$Fe$^2$, 11,35; calc. 28 OH$^2$, 23,77; O$^3$Fe$^2$, 11,32.

Les ferricyanures sont plus solubles, et si l'on a opéré de telle sorte qu'il y ait 160$^{cm^3}$ de solution pour 1$^g$ de base, la liqueur limpide ne dépose des cristaux que peu à peu.

Le ferricyanure de la base *a*, de formule B.Fe(CN)$^6$H$^3$, 4OH$^2$, est en beaux prismes hexagonaux, ambré rouge. Trouvé % : perte à 100°, 13,3; O$^3$Fe$^2$, 15,46, au lieu de 14,09 et 15,65. Celui de la base *b* a la formule B.Fe(CN)$^6$H$^3$, 2OH$^2$; il est en beaux prismes jaune ambré, obliques, à 4 ou 6 pans. Trouvé % : perte à 100, 7,91; O$^3$Fe$^2$, 16,80, au lieu de 7,57 et 16,83.

A noter que les iridium-III et rhodium-III hexacyanures de potassium donnent avec les sels de la base *a* des prismes hexagonaux incolores, isomorphes avec le ferricyanure (cristaux mixtes jaunes avec le ferricyanure); mêmes observations d'isomorphisme pour la base *b*.

*Picrates*. — Les picrates sont peu solubles. Une solution de 1$^g$ d'hydrate de base *a* en 50$^{cm^3}$ d'eau et 2$^g$,1 d'acide picrique en 150$^{cm^3}$ d'eau chaude, donne par refroidissement un abondant précipité, cristallisé finement. Si l'on veut des cristaux plus gros, on le dissout dans l'acétone (6 à 10 p.), ajoute un peu d'eau et laisse évaporer lentement; le picrate cristallise ainsi en beaux cristaux parallélogrammiques, presque losangiques, fondant mal vers 152° (bloc); ils sont hydratés, de formule B(C$^6$H$^3$N$^3$O$^7$)$^3$, 4OH$^2$. (Perte à 95°, 7,45; C 37,2; H 4,7; calc. 7,7; 36,7; 4,2.)

Avec la base *b* on opère en solution deux fois plus concentrée; le picrate, au refroidissement, se sépare en gouttes huileuses qui ne cristallisent qu'ultérieurement; mais si l'on a ajouté des germes cristallins, la phase huileuse n'apparaît pas; on récolte de beaux prismes obliques à dômes et facettes. Si l'on veut de plus gros cristaux, on opère comme avec la base *a*. La perte d'eau correspond à un trihydrate B(C$^6$H$^3$N$^3$O$^7$)$^3$, 3OH$^2$. Comme le précédent, ce picrate fond mal, en se décomposant, entre 145-152° (fus. inst.). Si l'on prend ces points fusion au tube avec chauffage progressif, on trouve des températures bien plus basses (j'ai indiqué 127° pour la base *a* dans mon aperçu sommaire de 1907).

La tribasicité bien établie de ces bases trouve son écho dans l'existence de dérivés trinitrosés et de dérivés trichlorés.

*Dérivé trinitrosé*. C$^{12}$H$^{21}$N$^4$(NO)$^3$, soit C$^{12}$H$^{21}$N$^7$O$^3$. — J'ai signalé que la base de Würtz donnait un dérivé trinitrosé qui s'identifiait avec celui que

Kudernatsch avait décrit à propos de la présumée hexaéthylidènetétramine. On obtient aisément ce dérivé en ajoutant de l'acide acétique à une solution de base (à 1/50) contenant deux fois plus de nitrite de sodium et refroidie vers 0°; il se dépose bientôt une mousse blanche de petits cristaux losangiques, parallélogrammiques, ou groupés en étoiles; on essore, lave, sèche et fait cristalliser dans beaucoup d'acétone bouillante; on obtient d'assez gros cristaux jaune soufre qui sont bien ceux qu'avait décrits Kudernatsch ([1]) (avec la formule $C^{19}H^{35}O^5N^{11}$). Au surplus, l'analyse ne laisse aucun doute; trouvé % : C, 46,12; H, 6,62; N, 31,3 au lieu de resp. 46,30; 6,75; 31,51. J'ai déjà signalé, à la suite de Kudernatsch, que les acides dégagent 7/8 de l'azote; je puis ajouter qu'il se forme aussitôt de l'aldéhyde crotonique et que, celui-ci, chassé par ébullition, on retrouve le septième atome d'azote sous forme d'ammoniaque; il faut de l'acide chlorhydrique d'une certaine concentration; de l'acide aux 3/8 ne produit pas d'attaque sensible. La réaction peut s'écrire

$$C^{12}H^{21}N^4(NO)^3 + ClH = 3C^4H^6O + ClNH^4 + 3N^2.$$

La trinitrosotricronylidènetétramine, chauffée progressivement dans un petit tube, déflagre vers 210°; sur le bloc, elle se disperse en tous sens au-dessus de cette température pour ne fondre que vers 240°.

Si, au lieu de base *a*, on prend la base *b*, la nitrosation produit une mousse beaucoup plus abondante, et le dérivé nitrosé se sépare en globules amorphes difficiles à recueillir, infiniment plus solubles dans les solvants organiques et s'en séparant sous forme de vernis; on peut le reprécipiter par addition d'eau si le solvant est de l'alcool ou de l'acétone; mais il est difficile de l'avoir pur. Mêmes propriétés vis-à-vis des acides.

*Dérivé trichloré a* $C^{12}H^{21}N^4Cl^3$. — On prend $1^g$ de base *a* en $50^g$ d'eau et ajoute peu à peu $20^{cm^3}$ d'hypochlorite de sodium 2N; il se fait un trouble laiteux dû à des globules huileux qui s'organisent bientôt en amas d'aiguilles groupées centriquement. Après 20 minutes, on essore bien et lave à l'eau. C'est une matière très altérable, bien que cristallisée. Séchée, elle s'altère, chauffée lentement dans un tube capillaire elle fond vers 76°, mais déflagre si l'on immerge brusquement le tube dans de l'eau à 70°. Très soluble dans l'éther, le chloroforme, moins dans l'alcool; si l'on évapore les solutions dans le vide, les cristaux déflagrent ordinairement lorsque l'on fait rentrer l'air, en dégageant une odeur de carbylamine.

L'analyse n'a donc pu se faire qu'indirectement. A cet effet les cristaux d'une préparation ont été extraits par le chloroforme; on a séché la solution chloroformique par du sulfate de sodium et prélevé des prises égales qui ont été instantanément traitées : 1° par une solution d'iodure de potassium en présence d'acide chlorhydrique, d'où libération d'iode; 2° par un excès de

---

([1]) *Monatsh. f. Chem.*, 21, 1900, p. 137.

sulfite de sodium suivi de kjeldahlisation pour y doser l'azote; 3° par du sulfite avec précipitation subséquente du chlore par le nitrate d'argent, en présence d'acide azotique. On a trouvé exactement les valeurs : chlore actif, azote, chlore 6:4:3, c'est-à-dire qu'il s'agit bien du dérivé trichloré $C^{12}H^{21}N^{4}Cl^{3}$. Les réactions de formation et de décomposition sont représentées par les équations suivantes :

$$C^{12}H^{24}N^{4} + 3ClONa = C^{12}H^{21}N^{4}Cl^{3} + 3HONa,$$
$$C^{12}H^{21}N^{4}Cl^{3} + 6ClH = C^{12}H^{24}N^{4}, 3ClH + 3Cl^{2},$$
$$C^{12}H^{21}N^{4}Cl^{3} + 3OH^{2} + 3SO^{3}Na^{2} = C^{12}H^{24}N^{4}, 3ClH + 3SO^{4}Na^{2}.$$

La solution chloroformique ne se conserve pas; en l'espace de 24 heures, elle est déjà remplie de cristaux de chlorhydrate de la base *a* qu'on en retire facilement par addition d'alcali.

*Dérivé trichloré b.* — Il se sépare, comme le dérivé trinitrosé, en globules qui ne cristallisent pas, déflagrant vers 40°. Leur solution chloroformique est encore plus instable; après 36 heures, elle ne réagit plus sur l'iodure acidifié; elle se remplit d'une masse blanche soluble dans l'eau, donnant, avec le chlorure de platine, les cristaux hexagonaux signalés comme caractéristiques de la base *b*.

Tous ces faits font indubitablement ressortir que, dans les tricrotonylidène-tétramines, il y a trois fonctions basiques, susceptibles d'être nitrosées ou chlorées; il en résulte une amorce de constitution qui sera élucidée dans une prochaine Note.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le magnésium et le calcium de l'eau de pluie récoltée à Paris.* Note de M. GABRIEL BERTRAND.

La détermination du magnésium présent en dissolution dans l'eau de pluie tombée en plein champ à Grignon a été rendue difficile par l'existence des poussières qui s'étaient accumulées dans les éprouvettes servant à la récolte de l'eau. Ces éprouvettes étaient partiellement enterrées et leur ouverture se trouvait à 40$^{cm}$ au-dessus du sol. Un lit de paille entourait leur base pour empêcher que des particules de terre soient projetées dans l'intérieur en cas de fortes averses; mais cette précaution n'excluait ni l'apport des particules terrestres enlevées par des vents rasants ou tourbillonnaires, ni la chute des fines particules qui existent partout dans l'atmosphère.

Il m'a fallu recourir à des analyses comparatives de l'eau de pluie filtrée, du dépôt insoluble et de la terre fine recueillie au voisinage des éprouvettes pour reconnaître qu'il y avait toujours plus de magnésium dissous dans l'eau que n'aurait pu en apporter le dépôt s'il avait été constitué par des poussières terrestres des alentours [1]. Néanmoins, vu les proportions à comparer, il n'est pas

[1] *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 364.

douteux que, malgré les soins apportés à l'exécution des analyses, la démonstration d'une origine hydrique au moins partielle du magnésium dissous serait d'autant mieux établie dans un tel cas que la quantité du dépôt minéral serait plus petite.

J'ai essayé, sinon d'éliminer complètement l'ingérence des poussières atmosphériques des données du problème, du moins d'en réduire assez la proportion pour qu'on puisse la considérer comme pratiquement négligeable.

Cette condition a été à peu près réalisée en recueillant l'eau, non plus au voisinage du sol, et dans un champ, comme à Grignon, mais à une certaine altitude et loin de grandes surfaces cultivables. J'ai utilisé d'abord le toit de la salle des machines de l'Institut Pasteur, à Paris, qui est à environ $15^m$ au-dessus du sol, puis la terrasse servant de couverture à l'un des ateliers de conditionnement du même Institut, terrasse placée un peu moins haut que l'endroit précédent, mais qui est mieux abritée.

Au lieu de trouver dans l'eau de pluie, après une année de récolte, jusqu'à 7 à $8^g$ de poussières minérales, il n'y en avait plus, dans une série d'expériences que $0^g,8$ et même, dans une seconde série, que $0^g,4$. Ces poussières n'étaient d'ailleurs plus constituées principalement par de la terre, mais, pour une partie notable, sinon pour la plus grande partie, par de fins granules que je crois formés de mâchefer provenant de la vitrification des cendres de houille échappés, à haute température, des foyers industriels de la grande ville.

La récolte de l'eau de pluie à proximité du laboratoire a présenté sur celle faite au champ d'expérience de Grignon d'autres avantages : elle a facilité la surveillance et le transport des éprouvettes, elle a rendu possible l'analyse plus fréquente de l'eau de pluie, permis d'acquérir ainsi une première notion sur les variations de composition de ce liquide au cours de l'année.

Voici les résultats principaux des expériences sur l'eau récoltée au sommet de la salle des machines et sur l'eau de la terrasse de l'Institut Pasteur ([2]). Chaque série d'expériences a porté sur quatre trimestres successifs, soit, au total, sur une année.

Pour l'analyse, l'eau a été filtrée au papier Berzelius, puis évaporée à sec dans une capsule de platine; la capsule et le résidu ont ensuite été passés au four à moufle, à une température juste suffisante pour brûler les matières organiques; les cendres, enfin, ont été arrosées d'acide chlorhydrique pur et traitées de manière à séparer successivement la silice, les oxydes d'aluminium et de fer, le calcium et le magnésium. Quant au dépôt, il a été rassemblé sur le filtre, puis séché, incinéré et pesé. Dans les tableaux, les poids de dépôts sont exprimés en matières minérales restant après incinération.

---

([2]) Voir pour les détails le Mémoire qui paraîtra ultérieurement.

TABLEAU I. — *Première série d'expériences* (salle des machines).

*a.* Liquide.

| Trimestre... | 1er<br>20 sept.<br>au 20 déc. | 2e<br>21 déc.<br>au 21 mars. | 3e<br>21 mars<br>au 21 juin. | 4e<br>21 juin<br>au 22 sept. | En<br>12 mois. |
|---|---|---|---|---|---|
| | g | g | g | g | g |
| Calcium....... | 0,0144 | 0,0209 | 0,0183 | 0,0181 | 0,0717 |
| Magnésium.... | 0,0024 | 0,0018 | 0,0012 | 0,0010 | 0,0064 |

*b.* Dépôt.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mat. minér.... | (3) | 0,2314 | 0,1992 | 0,1179 | 0,7313 |
| Calcium....... | » | 0,0062 | 0,0007 | 0,0006 | 0,0100 |
| Magnésium.... | » | 0,0002 | 0,0001 | 0,0007 | 0,0013 |

TABLEAU II. — *Deuxième série d'expériences* (terrasse).

*a.* Liquide.

| Trimestre.., | 1er<br>24 juin<br>au 23 sept. | 2e<br>23 sept.<br>au 24 déc. | 3e<br>24 déc.<br>au 24 mars. | 4e<br>25 mars<br>au 27 juin. | En<br>12 mois. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | g | g | g |
| Calcium....... | 0,0038 | 0,0066 | 0,0096 | 0,0116 | 0,0317 |
| Magnésium.... | 0,00036 | 0,00084 | 0,00090 | 0,00097 | 0,0031 |

*b.* Dépôt.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mat. minér.... | 0,0304 | 0,0550 | 0,1530 | 0,1396 | 0,3780 |
| Calcium....... | 0,0010 | 0,0004 | 0,0014 | 0,0016 | 0,0044 |
| Magnésium.... | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0011 |

J'ai mentionné, lors des expériences antérieures (1), qu'au cours de la récolte de l'eau de pluie, de petites algues vertes et d'autres microorganismes se développent, surtout pendant les mois ensoleillés, aux dépens d'une partie des substances dissoutes qu'elles insolubilisent dans leurs tissus. Lorsqu'on incinère le dépôt, les éléments tels que le calcium et le magnésium, soustraits au liquide, passent dans les cendres et se retrouvent ensuite dans la liqueur chlorhydrique. La durée de la récolte dans les expériences que je rapporte aujourd'hui n'ayant duré que trois mois, les cultures de microorganismes n'ont pris qu'un développement très limité, et les proportions d'éléments soustraits à l'eau de pluie ont été réduites d'importance.

D'un autre côté il est on ne peut plus probable que les quantités de magnésium et autres éléments trouvées dans le liquide filtré ne doivent provenir que très partiellement de la dissolution des substances minérales du dépôt. On a déjà vu, dans le cas des expériences sur l'eau de pluie de Grignon, que cette manière de voir s'imposait en ce qui concerne le rôle des particules terrestres.

(3) Le dépôt du premier trimestre n'a pas été analysé quantitativement. Pour le calcul des douze mois, on a remplacé les chiffres absents par la moyenne de ceux des trois autres trimestres.

Il ne doit guère en être autrement à l'égard des granules microscopiques formés selon moi de mâchefer, c'est-à-dire de cendres de houille vitrifiées, dont j'ai signalé plus haut l'abondance relative dans l'eau récoltée à Paris. Les cendres de houille sont généralement pauvres en calcium et plus pauvres encore en magnésium. D'après les analyses de E. Prost (*Moniteur scientifique de Quesneville*, 1895) et celles de L. Campredon ([4]), ces cendres, renferment seulement de 2 à 6 % de calcium et de 0,47 à 1,75 % de magnésium. Dans le mâchefer, ces métaux sont engagés avec du fer et de l'aluminium, sous la forme de silicates fondus, c'est-à-dire de produits très résistants à la dissolution, même par l'acide chlorhydrique, et que l'on doit attaquer par fusion alcaline lorsqu'on veut en faire l'analyse complète. Le peu de substances dissoutes en traitant le dépôt car l'acide chlorhydrique (se reporter aux tableaux I et II) corrobore d'ailleurs cette interprétation.

Ainsi il existe ordinairement dans l'eau de pluie, aussi bien à Paris (Institut Pasteur) qu'à la campagne (École d'Agriculture de Grignon), une certaine quantité de sels dissous, en particulier de magnésium. Il apparaît en outre, bien que de nouvelles observations soient nécessaires pour en avoir la certitude, qu'une partie importante de ces sels est d'une autre origine que les poussières provenant du voisinage de l'endroit où a lieu la récolte de l'eau.

GÉNÉTIQUE. — *Hérédité du sexe chez l'Œillet de Poète* (Dianthus barbatus *L.*). Note de M. **Louis Blaringhem**.

J'ai signalé en 1920 ([1]) des variations de couleur des fleurs de cet Œillet en rapport avec la sexualité, et j'étudie depuis des lignées de *Dianthus barbatus* L. à la Station Berthelot à Bellevue; j'ai évité l'introduction d'autres populations de cette espèce qui a fourni, dans la culture, un très grand nombre de variétés provenant certainement de croisements accidentels avec d'autres espèces d'Œillets vivaces. Parmi les hybrides cités, signalons un type annuel, obtenu dans le semis de *D. chinensis* L. pollinisé par *D. barbatus* vivace, qui fut l'objet de recherches des génétistes réputés Kölreuter et Gärtner. D'après Kölreuter le produit est voisin de *barbatus*; d'après Gärtner, il est intermédiaire entre les parents; dans les deux cas, assez fertile et peu variable; Gärtner constate que la fécondité diminue après la fécondation artificielle en lignée isolée et que « quelques plantes étaient complètement stériles » ([2]).

L'histoire de ces Œillets hybrides m'a paru très suggestive et j'ai fait de nombreuses recherches expérimentales sur les caractères sexuels de la plupart

---

([4]) *Guide pratique du chimiste métallurgique et de l'essayeur*, Paris, 1898, p. 196.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **83**, 1920, p. 892.

([2]) Discussion détaillée des expériences dans W. O. Focke, *Die Pflanzenmischlinge*, 1881, pp. 52-55.

des espèces récoltées à l'état sauvage (*Dianthus Caryophyllus*, *Seguieri*, *deltoïdes*, *Monspessulanus*, *plumarius*, *superbus*...) ; les lignées dont il est question ici proviennent d'une colonie de *Dianthus barbatus* découverte à l'état sauvage à l'Hospitalet (Pyrénées Orientales, 2000$^{m}$). En 1927, je publiai les résultats [3] de six années de culture à partir d'individus strictement femelles comme porteurs de graines, et j'en reproduis l'essentiel :

« Dans certains hybrides d'Œillets, les produits obtenus par croisements divers à partir de progénitures femelles, sont strictement, ou régulièrement femelles, pendant la majorité de leur vie. Mais il semble d'après les expériences faites à partir du *D. barbatus* ♀ de l'Hospitalet à petites fleurs, que la transmission simultanée du sexe et des caractères sexuels secondaires, corrélatifs à l'état sauvage (fleurs pâles, fleurs petites), ne se produit que dans les croisements entre espèces éloignées, l'inverse ayant lieu pour les fécondations des mêmes progéniteurs par un *Dianthus barbatus* cultivé. Comme très peu de graines (moins de 1 %) sont formées dans les hybrides d'espèces de *Dianthus*, que très peu (moins de 1 p. 20) de ces graines hybrides germent, il est possible que la transmission unilatérale des caractères maternels chez les *Dianthus* et les autres Caryophyllées soit due à la meilleure constitution, ou à la plus forte résistance, des graines offrant héréditairement les caractères maternels. »

Les cultures, interrompues en 1928, ont été reprises en 1930 en ayant soin cette fois de n'utiliser que des graines provenant de plantes femelles vigoureuses, âgées de 2 et même 3 ans; j'ai écarté d'autre part la grande série de *Dianthus* de diverses origines pour limiter mon examen à une dizaine de lignées nettement *barbatus*; comme précédemment, les graines provenaient uniquement de plantes strictement femelles, le pollen étant fourni par des *barbatus* hermaphrodites. Au cours de ces essais portant sur des descendants directs des deux plantes femelles récoltées à l'Hospitalet, j'ai découvert un caractère particulier aux pétales, à savoir l'absence constante pour toutes les fleurs d'une même plante de poils très ténus blancs, brillants ou teintés en rouge pourpre selon la couleur du pétale, alors que cette pilosité est la règle pour tous les *D. barbatus* examinés en herbier ou dans les cultures d'amateurs. Au cours de deux générations (1935, 1937), j'ai pu m'assurer que le couple pétale couvert de nombreux poils-pétale glabre constituait, dans mes essais, un couple mendélien simple, et cette particularité m'a permis de réaliser un grand progrès dans l'analyse de l'hérédité du sexe chez cette espèce.

Les plantes étudiées en 1942 et 1943 sont des lots semés en 1939 à la Station Berthelot, en partie négligés en 1940 et 1941, donc des individus de semis repiqués depuis trois ans au moins. Dans la série à pétales glabres, je note 10 individus hermaphrodites, 12 femelles strictes à staminodes très courts et à fleurs petites et 1 individu mixte dont il est question plus loin ; par rapport

---

[3] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1208.

à l'ensemble, le groupe en question est récessif pour ce qui concerne la pilosité des pétales; il est donc épuré, et les chiffres fournis sont valables pour une discussion : le pollen provenant d'une plante hermaphrodite *barbatus*, les proportions 12 ♀ strictes pour 10 ⚥ sont celles qu'on est en droit d'attendre pour l'hérédité totale du sexe femelle dominant, comme j'en ai obtenu des exemples avec *Silene italica* ([4]).

La série à pétales couverts de poils comprend 61 individus dont 44 hermaphrodites et 17 femelles. A la vérité, de ces 17 femelles 14 ont les pétales chargés de poils visibles à l'œil nu, mais 3 n'en présentent qu'un petit nombre, sporadiques et découverts après un examen minutieux à la loupe; pour ces 3 plantes dans la même inflorescence, dans la même fleur, quelques pétales portent de rares poils, la plupart des pétales étant glabres. La proportion des femelles aux hermaphrodites est nettement différente dans la série ciliée et ne dépasse pas le quart de l'ensemble. Ainsi la mise en œuvre d'un caractère héréditaire simple couple présence-absence de poils sur les pétales a permis de décomposer la descendance en deux séries : l'une où la répartition des sexes se rapproche de l'égalité, 1 hermaphrodite pour 1 femelle, l'autre où la répartition est 3 hermaphrodites pour 1 femelle.

La diagnose présence-absence de poils est relativement nette, puisque je n'ai eu d'indécision que pour 3 individus sur 84 portant des fleurs. Or, dans la série à pétales glabres, une plante montre la mosaïque sexuelle; dans la grappe terminale, fausse ombelle, composée ici de trois houppes, une centrale et deux latérales nées au même niveau, alors que deux houppes sont uniquement formées de fleurs femelles à pétales réduits et par conséquent de petites fleurs; la hampe latérale complémentaire porte au moins trois fleurs hermaphrodites complètes, à pollen bien conformé et capable de germer. Ce pollen est utilisé pour la fécondation des plantes femelles non ciliées et donnera, je l'espère, des indications précieuses pour la transmission du sexe.

J'insiste enfin sur la généralité, contrôlée encore, du fait signalé au début de mes études sur la variation de coloris des fleurs ([1]) avec l'âge et la succession des sexes. Toutes les plantes *barbatus* sont protérandres et, pour la saison relativement chaude de 1943, il s'écoule un intervalle de 6 jours entre la déhiscence de la première étamine saillante et l'allongement des stigmates; en 4 jours, toutes les étamines ont fourni leur pollen, et ce n'est qu'après un nouvel intervalle de 2 jours que les stigmates, raides et dressés jusque-là, se courbent en crosses et retiennent le pollen apporté artificiellement ou par les insectes; la fécondation est nécessairement croisée. Il se produit une torsion des organes au cours de la maturation de la fleur; dans la lignée à pétales glabres surtout, les fleurs jeunes présentent quatre pétales en croix, le cinquième étant recouvert par le voisinage, et à cette phase le pétale caché est à l'opposé de

---

([4]) *Bull. Soc. bot. de France*, 74, 1927, p. 1010.

l'étamine qui, la première, donne son pollen; 5 étamines s'épanouissent successivement, et alors les 5 pétales sont en place correcte; en moins d'un jour les 5 étamines alternes complémentaires donnent leur pollen et perdent leurs anthères, tandis que les filets persistent arqués et appliqués sur les pétales; le coloris des pétales vire rapidement dans les tons rouges ou violets. Les mouvements de torsion continuent, la fécondation ayant lieu; les pétales persistent et leur coloris s'accentue tandis que, par une sorte de poussée interne, ils se libèrent de leur distribution symétrique rayonnante et se roulent en cornets avec une certaine indépendance pour aboutir à la fleur passée et fripée. Cette dernière étape des fleurs simples correspond en réalité à la duplicature de la plupart des Œillets cultivés pour la grosse fleur, dont on a noté, depuis longtemps, la stérilité partielle ou totale des étamines, la vitalité prolongée des stigmates et des ovaires, toutes deux liées à la duplicature en général chez les Caryophyllées.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les toxines sécrétées par le bacille de la Fièvre typhoïde et spécialement sur la toxine entérotrope de cet agent pathogène.* Note de M. **Hyacinthe Vincent**.

On a pendant longtemps considéré comme une loi l'unicité des poisons solubles sécrétés par les microbes pathogènes, et l'on a interprété par elle l'ensemble des symptômes, cependant si disparates, déterminés chez les malades par ces agents toxi-infectieux. J'ai montré que cette règle n'est nullement générale et qu'en particulier le *Bacillus Coli*, sous toutes ses races, est susceptible de produire en proportions variables, *in vivo* et *in vitro*, deux toxines distinctes par leurs caractères biochimiques, leur tropisme anatomique électif chez l'homme et expérimentalement chez l'animal, par leur pouvoir antigène, leur résistance à la chaleur, au vieillissement etc. ([1]).

Plus récemment, j'ai fait connaître cette notion nouvelle, à savoir que la dualité des toxines du *Bacillus Coli* s'applique également au bacille de la fièvre typhoïde ([2]). Ce dernier sécrète deux toxines, l'une, *neurotrope*, ultralabile, qui se fixe sur le système nerveux central des malades (cerveau et axe bulbo-médullaire); l'autre, *entérotrope*, sur l'intestin et sur les viscères abdominaux. Les symptômes morbides qui caractérisent la fièvre typhoïde étaient primitivement attribués aux seuls effets infectieux du bacille, sa toxicité étant considérée

---

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, pp. 239, 404, 1083, 1624; **187**, 1928, p. 787; **189**, 1929 p. 381. Cf. aussi *Bull. Acad. Méd.*, 27 nov. 1928; 19 mars 1929; 30 avril 1930; 24 juin 1941 etc.

([2]) *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 406 et 525. Je montrerai ultérieurement que d'autres bactéries pathogènes, dont quelques-unes ne font pas partie du groupe Coli-Typhique, possèdent également la propriété de sécréter plusieurs toxines spécifiques différentes.

comme « hypothétique » (F. Widal). On a, plus tard, invoqué l'action d'un poison soluble, d'ailleurs indéterminé. Le bacille d'Eberth est, il va sans dire, à l'origine de ces symptômes, mais il agit essentiellement sur l'organisme infecté par la neurotoxine et par l'entérotoxine qu'il élabore au cours de la maladie. La symptomatologie de la fièvre typhoïde est la conséquence de la superposition, à des degrés divers (variables suivant la résistance des malades et surtout suivant la race microbienne infectante) des effets de ces deux toxines. L'une et l'autre, produits du métabolisme cellulaire bactérien, ont leur spécificité absolue. Leurs éléments constitutifs protéidiques commandent leur individualité pathogène et leur propriété immunigène, leurs caractères osmotiques, leur sensibilité respective à l'égard de la chaleur, du vieillissement etc.

Je voudrais noter ici les principaux caractères de l'entérotoxine typhoïdique.

A l'encontre de la neurotoxine, qui n'est produite que dans des conditions spéciales de culture, l'entérotoxine se développe dans le bouillon de culture où le bacille s'est multiplié. Additionné dans la proportion de 1/10 de sérum de cheval (privé de son alexine), ce milieu est plus spécialement favorable à cette sécrétion. L'entérotoxine y est abondante dans le filtrat des cultures âgées de 6 à 12 jours. On renforce ce pouvoir toxigène en utilisant des bacilles ayant subi plusieurs passages chez le cobaye auquel on a injecté simultanément soit une solution hypertonique de NaCl à 10 % (un centimètre cube pour $100^g$ du poids de l'animal), soit $0^{cm^3},05$ à $0^{cm^3},1$ d'huile d'aniline, poison méthémoglobinisant. Le cobaye meurt en huit à dix heures, avec multiplication très abondante du bacille.

La méthode des *inoculations protégées* ([3]) donne également lieu à des races typhoïdiques productrices de toxine entérotrope.

Cette toxine dialyse avec lenteur et n'est guère constatée dans le liquide extérieur qu'à partir de la $24^e$ heure et même plus tard. Elle est détruite à 80°-85°. Le barbotage d'oxygène, la lumière solaire directe l'atténuent ou la détruisent rapidement. A la glacière et à l'obscurité, l'entérotoxine conserve ses propriétés pendant quatre à six semaines; elle est donc beaucoup plus stable que la toxine neurotrope du même bacille ([4]).

Le filtrat toxique des cultures, évaporé à siccité dans le vide, laisse un dépôt dont l'extrait éthéré (d'odeur musquée) ou alcoolique est sans action pathogène. Le sulfate d'ammonium détermine dans le filtrat un précipité qui,

---

([3]) H. Vincent, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 206.

([4]) Ainsi qu'il a été signalé dans les précédentes Notes, la toxine neurotrope du bacille typhique est, au contraire, hyperlabile et détruite à 50-55°. Son instabilité excessive est peut-être due à la faible liaison de ses éléments protéiniques avec les autres constituants de la toxine. Cette hypothèse s'applique sans doute à d'autres toxines microbiennes et permet d'interpréter l'action fixatrice et stabilisatrice du formol sur les toxines. Cette dernière action est différente de celle des corps cryptotoxiques.

redissous et purifié par une nouvelle précipitation par l'alcool absolu, tue la souris à une dose inférieure à un demi-milligramme.

L'injection de l'entérotoxine typhoïdique détermine chez l'animal, et en l'absence de tout élément microbien, les mêmes symptômes intestinaux et les mêmes lésions qu'on observe dans la fièvre typhoïde humaine; mais expérimentalement, leur évolution est suraiguë. Le cobaye et le lapin sont rapidement immobilisés par la douleur abdominale et le météorisme. Diarrhée parfois sanglante, cyanose des lèvres, hypothermie.

Quand la mort a eu lieu en huit à dix heures, les lésions intestinales habituelles n'ont pas eu le temps de se produire. Il existe souvent, comme seule lésion apparente, la congestion prononcée des capsules surrénales. A doses faibles, l'entérotoxine détermine la mort plus tardive avec congestion très vive, souvent hémorragique, des parois de l'intestin grêle et foyers d'ecchymoses. Le contenu intestinal, fluide, séro-sanguinolent, montre au microscope des hématies très altérées et d'innombrables cellules desquamées de la muqueuse, mal colorées, à noyau peu apparent. On constate une à trois plaques de Peyer saillantes, rouges, parfois ulcérées. Ganglions mésentériques tuméfiés.

Foie un peu noirâtre et mou, vésicule biliaire souvent distendue. Bile albumineuse dans laquelle on voit, au microscope, de nombreux placards de cellules épithéliales mal colorées et des cellules irrégulières, granuleuses, ayant perdu leurs noyaux. Les reins sont parfois congestionnés, de même que les organes génitaux internes, chez les femelles. Rate normale ou un peu rouge; elle n'est hypertrophiée que lorsqu'on a inoculé des bacilles vivants ou morts.

Le sang a présenté une leucopénie extrêmement prononcée.

Il résulte de ce qui précède que *cet ensemble de lésions de l'intestin et des organes abdominaux est sous la dépendance*, *non de la présence directe du bacille typhique lui-même*, comme on l'enseigne d'habitude, *mais de l'action de la toxine entérotrope sécrétée par ce microbe*.

Il y a lieu d'insister sur une lésion particulière ayant la même origine; *c'est celle des capsules surrénales*. Ces organes sont atteints d'une congestion souvent énorme, œdémateuse ou non, parfois hémorragique, surtout chez les jeunes cobayes, et intéressant à la fois leur zone corticale et leur zone médullaire. Il n'est pas douteux que *la fixation également élective de la toxine sur les capsules surrénales, dont les fonctions physiologiques sont si importantes*, *tient une grande place dans la symptomatologie et dans l'évolution de la maladie typhoïde*, *chez l'homme comme chez les animaux de laboratoire*. Chez ces derniers, la surrénalite aiguë est même, comme il a été dit, la seule lésion parfois observée.

L'examen microscopique des capsules surrénales montre une forte et uniforme dilatation des capillaires, surtout dans la couche qui sépare le tissu cortical et la zone médullaire. Il existe des raptus hémorragiques. Pas d'infiltration leucocytaire. L'évolution de l'intoxication ne permet pas

l'apparition de lésions plus prononcées. Mais il est vraisemblable, sinon certain, que *l'inhibition des fonctions surrénaliennes intervient pour une grande part dans l'issue mortelle et rapide de l'intoxication*, chez l'homme comme chez l'animal.

La toxine thermostabile du bacille de la fièvre typhoïde est donc essentiellement *entérotrope, surrénalotrope* et *hépatotrope*. Cette toxine manifeste expérimentalement ses effets, quel que soit le siège de l'injection : sous-cutané, péritonéal, pleural, intraveineux et même cérébral ou sous-duremérien ([5]), ce qui confirme entièrement le tropisme électif de ce poison microbien.

Il sera rappelé que son injection progressive aux animaux les immunise contre ses effets propres, mais non contre la neurotoxine, dont elle est entièrement indépendante ([6]).

CYTOLOGIE. — *Sur la formation de gonies polyvalentes et de spermies géantes chez deux Lombriciens.* Note ([1]) de M. **Édouard Chatton** et M^lle^ **Odette Tuzet.**

L'étude de la spermatogenèse du *Lumbricus herculeus* Sav. (*L. terrestris* L.) et de l'*Allolobophora chlrorotica* Sav., dont nous avons résumé les résultats ([2]), devait être étendue aux autres Lombriciens dont nous disposions. Chez *Octolasium complanatum*, *Allolobophora Dugesi*, *Eisenia fœtida*, nous n'avons observé qu'une seule évolution comparable à l'évolution spermiogénétique sans nucléole du *Lumbricus herculeus.* Mais, dans les trois espèces, le pronucléole est présent, unique, de même structure et de mêmes rapports avec le chromosome Nlg que chez ce dernier.

Rappelons que chez *Lumbricus herculeus* la préspermatogenèse s'effectue par divisions binaires des gonies dont le nombre augmente ainsi en progression géométrique jusqu'à 64 ou 128. La première scission étant effectuée, et un pont d'étirement subsistant entre les deux éléments, les scissions suivantes se font d'une manière synchronique et parallèlement aux pédoncules ainsi formés, de sorte qu'il se constitue une rosace d'éléments pédonculés, équivalents au nombre de 64 ou de 128 (cytophore).

Chez 3 % des *Allolobophora chlorotica* la régularité des scissions est troublée. Dans quelques gonies de certaines rosaces, une ou deux scissions nucléaires et cytoplasmiques successives s'ébauchent sans s'achever et l'on a alors une rosace à 14 spermatogonies normales, plus une spermatogonie bivalente ou une à 12 normales plus une tétravalente (nous employons ce dernier terme de

---

([5]) J'ai fait connaître autrefois cette particularité (*C. R. Soc. Biol.*, 55, 1903, p. 1214).

([6]) H. Vincent, *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 400 et 525.

([1]) Séance du 24 mai 1943.

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1943, pp. 894-896 et 934-936.

préférence à celui de tétraploïde, parce que nous n'avons pas pu dénombrer exactement les chromosomes). Cette tétravalence se manifeste par le fait que ces cellules donnent lieu, quand elles ébauchent une nouvelle mitose, à une figure tétrapolaire plus ou moins régulière et qui ne s'achève pas. Le fait de rencontrer assez souvent des mitoses ayant plus de quatre pôles (nous en avons compté jusqu'à 14 dans de très gros éléments) montre que l'inhibition peut affecter jusqu'à quatre scissions successives. Un autre signe de la polyvalence de ces éléments est le nombre de leurs pronucléoles. Dans les gonies normales, le pronucléole est unique. Dans les gonies polyvalentes de taille moyenne, on peut en compter jusqu'à 5 ou 6. Ils sont généralement de taille très grosse, mais différente. Ils sont nettement attachés par un pédoncule sur le chromosome Nlg ou détachés de lui en marge du noyau, formant là un nucléole. Le Golgi reste unique mais de fortes dimensions. Par contre le chondriome n'est représenté que par un groupe unique de dimensions normales. Nous n'avons pas pu suivre dans ses détails l'évolution de ces gonies polyvalentes, mais il en est certainement de toutes tailles qui effectuent leur spermiogenèse et donnent naissance à des spermies géantes qui peuvent mesurer jusqu'à $77^{\mu}$ de long sur 1 à $4^{\mu}$, au lieu de $43^{\mu}$ de long sur $0^{\mu},3$ de large. Elles ont une pièce intermédiaire, un acrosome, un dictyosome, mais pas de flagelle et ne sont sans doute pas fonctionnelles.

La polyvalence spermatogoniale, exceptionnelle chez *A. chlorotica*, est, au contraire, à Banyuls, la règle chez *A. caliginosa*. Nous n'avons pas encore pu, dans cette localité, obtenir d'un seul de ces vers, une préparation de spermatogenèse normale. Tandis que, chez *A. chlorotica*, les spermatogonies polyvalentes se forment en conservant leur place dans les rosaces (cytophores) entre les éléments normaux, on les trouve, chez la seconde espèce, toujours isolées dans la pulpe séminale, comme si les premières gonies avaient été d'emblée incapables d'achever leur division. Ces éléments portent souvent, au pôle qui correspond au pôle pédonculé des gonies normales, des villosités ou des lamelles semblables aux expansions qui revêtent ce pédoncule. Ceci traduit une nutrition intense. Elles peuvent certainement poursuivre leurs scissions abortives, puisqu'on rencontre des figures multipolaires présentant jusqu'à 16 cônes fusoriaux autour d'une masse de chromosomes où s'esquisse une répartition en plaques équatoriales. Mais nous n'avons aucune indication que de telles métaphases donnent lieu à des anaphases, à des télophases et à des produits normaux. La question se pose cependant de savoir si les gonies polyvalentes peuvent effectuer leur méiose. Nous ne les voyons jamais aux stades de prophase, en général si caractéristique, mais à la métaphase, les chromosomes ont fréquemment l'aspect de tétrades. Ce qu'il y a de certain c'est que les éléments de basse polyvalence, au moins, peuvent effectuer leur spermiogenèse. Celle-ci n'est pas normale. Le rejet mitochondrial n'est représenté que par son pédoncule, et il n'y a jamais de flagelle, non plus que dans les spermies géantes d'*A. chlorotica*.

Le fait que tous les individus d'*A. caliginosa* présentent la polyvalence spermatogoniale d'une manière plus ou moins étendue, le fait que, même dans le cas où elle existe à un taux élevé chez un individu, il y a toujours, à côté des éléments qui la montrent, des spermies normales, ne nous paraissent pas en faveur de l'hypothèse d'une influence actuelle des conditions de vie du Ver sur l'inhibition des divisions. Le second fait explique que l'espèce se maintienne en dépit de l'évolution anormale de la grande majorité de ces éléments mâles.

Gognetti di Martiis (1926) a décrit chez le Lombricien *Pheretima heterochæta* une préspermatogenèse complexe dont nous n'avons jamais vu d'exemple chez les Lombriciens que nous avons étudiés. Elle comporte des divisions multipolaires des gonies qui rappellent ce que nous constatons chez nos deux *Allolobophora*. Nous nous demandons si l'auteur ne s'est pas trouvé en présence de cas de polyvalence comme ceux que nous signalons.

Nous ne connaissons pas, dans la bibliographie, d'autres spermatogenèses comportant de tels phénomènes.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Académicien libre en remplacement de M. *Jules-Louis Breton*, décédé.

Le nombre des votants étant 53,

| | | |
|---|---|---|
| M. Gaston Ramon | obtient............ | 33 suffrages |
| M. Joseph Bougault | » ............ | 5 » |
| M. Louis Hackspill | » ............ | 5 » |
| M. Henri Piéron | » ............ | 5 » |
| M. André Kling | » ............ | 3 » |
| M. Pierre Chevenard | » ............ | 2 » |

M. Gaston Ramon, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

## CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maurice Daumas. *Arago*.

2° Observatoire Jarry-Desloges. *Observations des surfaces planétaires. Mars-La Lune-Jupiter*, fascicule IX.

3° Service hydrographique de la Marine. Section de Documentation. *Les Bases astronomiques de la formule harmonique utilisée pour le calcul des marées*. Traduit du Mémoire de Walter Horn.

ALGÈBRE TOPOLOGIQUE. — *Sur l'anneau des endomorphismes continus d'un espace normé.* Note de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient E un espace localement convexe, $\mathfrak{T}$ sa topologie, E′ son *dual*, ensemble des formes linéaires sur E, continues pour la topologie $\mathfrak{T}$. On sait (1) que, sur E, la *topologie faible* $\sigma(E, E')$ est définie par le système de voisinages de o suivant : pour *n* formes linéaires arbitraires $x'_i$ $(1 \leq i \leq n)$, on considère l'ensemble des $x \in E$ tels que $|x'_i(x)| \leq 1$ pour $1 \leq i \leq n$; en faisant varier arbitrairement *n* et les $x'_i$, on a le système fondamental de voisinages considéré. A côté de cette topologie, j'ai été récemment amené (2) à considérer sur E une autre topologie, que nous noterons ici $\sigma_0(E, E')$ (3), où l'on prend cette fois comme voisinages de o les sous-espaces vectoriels intersections d'un nombre fini d'hyperplans $\overset{-1}{x'_i}(0)$. La topologie $\sigma_0(E, E')$ est évidemment *plus fine* que $\sigma(E, E')$. Mais, lorsqu'on considère une application *linéaire u* de E dans un autre espace localement convexe F (de topologie $\mathfrak{U}$), la continuité de *u* pour les topologies $\sigma(E, E')$ et $\sigma(F, F')$ d'une part, et sa continuité pour les topologies $\sigma_0(E, E')$ et $\sigma_0(F, F')$ de l'autre, sont des propriétés *équivalentes* (4).

Rappelons en outre que, si *u* est continue pour les topologies $\mathfrak{T}$ et $\mathfrak{U}$, elle est continue pour $\sigma(E, E')$ et $\sigma(F, F')$ (5); la réciproque est vraie si $\mathfrak{T}$ et $\mathfrak{U}$ sont des topologies d'espace *normé* (6). Elle est vraie également si *u* est de *rang* [nombre de dimensions de $u(E)$] *fini*, en raison du fait que toute forme linéaire continue pour $\sigma(E, E')$ est aussi continue pour $\mathfrak{T}$.

2. Soit $\mathcal{L}(E, \mathfrak{T})$ l'anneau des endomorphismes de E, continus pour la topologie $\mathfrak{T}$. D'après ce qui précède, $\mathcal{L}(E, \mathfrak{T})$ est un sous-anneau de l'anneau $\mathcal{E}(E, E')$ des endomorphismes de E, continus pour la topologie $\sigma_0(E, E')$; d'autre part, il contient le sous-anneau $\mathcal{F}(E, E')$ de $\mathcal{E}(E, E')$ formé des endomorphismes de E de rang fini. On peut alors appliquer à l'anneau $\mathcal{L}(E, \mathfrak{T})$ un résultat général (7) sur les sous-anneaux de $\mathcal{E}(E, E')$ contenant $\mathcal{F}(E, E')$ : tout *automorphisme* d'un tel anneau est nécessairement un automorphisme de

(1) J. Dieudonné, *Ann. Éc. Norm. Sup.*, 3e série, **59**, 1942, pp. 107-139. Nous désignerons ce Mémoire par la lettre D.

(2) *Bull. Soc. math. de France*, **70**, 1942, pp. 46-75. Nous désignerons ce Mémoire par la lettre S.

(3) Cette topologie est désignée par $\sigma(E, E')$ dans S (p. 61); c'est l'analogue de la topologie faible définie ci-dessus, mais en considérant sur le corps des scalaires la topologie *discrète*, au lieu de sa topologie usuelle; aussi $\sigma_0(E, E')$ *n'est-elle pas* une topologie d'espace localement convexe.

(4) Cela résulte du th. **9** de D (p. 118) et du théorème analogue pour $\sigma_0(E, E')$.

(5) D, th. **15**, p. 122.

(6) D, th. **25**, p. 131.

(7) S, pp. 70-71.

l'anneau $\mathcal{F}(E, E')$, donc est de la forme $u \to fuf^{-1}$, où $f$ est un *di-automorphisme* de l'espace vectoriel (non topologique) E [c'est-à-dire une application biunivoque de E sur lui-même, telle que $f(x+y) = f(x) + f(y)$, et $f(\lambda x) = \lambda^0 f(x)$, où $\lambda \to \lambda^0$ est un automorphisme du corps des scalaires de E]. Il faut en outre que $f$ soit bicontinu pour la topologie $\sigma_0(E, E')$.

3. Nous n'avons jusqu'ici fait aucune hypothèse sur le corps des scalaires, qui peut être le corps des nombres réels ou celui des nombres complexes. Distinguons à présent les deux cas, et supposons d'abord que E soit un espace localement convexe *réel*. Alors on sait que, le seul automorphisme du corps des réels étant l'automorphisme identique, tout di-automorphisme $f$ de l'espace vectoriel E (non topologique) est un automorphisme de cet espace; si en outre $f$ est continu pour la topologie $\sigma_0(E, E')$, on a $f \in \mathcal{E}(E, E')$. Donc, tout automorphisme de l'anneau $\mathcal{L}(E, \mathcal{T})$ est de la forme $u \to fuf^{-1}$, où $f \in \mathcal{E}(E, E')$. Réciproquement, une application de cette nature n'est peut-être pas toujours un automorphisme de $\mathcal{L}(E, \mathcal{T})$, car $fuf^{-1}$ n'est peut-être pas continu pour la topologie $\mathcal{T}$, lorsque $f$ n'appartient pas à $\mathcal{L}(E, \mathcal{T})$. Toutefois, lorsque $\mathcal{T}$ est une topologie d'espace *normé*, on a $\mathcal{E}(E, E') = \mathcal{L}(E, \mathcal{T})$, et par suite :

THÉORÈME. — *Tout automorphisme de l'anneau des endomorphismes continus d'un espace normé réel est un automorphisme intérieur.*

4. Les choses sont moins simples lorsque le corps des scalaires est le corps des nombres complexes, car on sait qu'il existe alors une infinité d'automorphismes $\lambda \to \lambda^0$ de ce corps; le cas où E a un nombre fini de dimensions prouve qu'on ne peut espérer obtenir alors de résultats plus précis que celui du n° 2, sans hypothèse supplémentaire.

Mais jusqu'ici nous n'avons pas supposé que l'anneau $\mathcal{L}(E, \mathcal{T})$ fût muni d'une topologie. Introduisons l'hypothèse que $\mathcal{L}(E, \mathcal{T})$ est munie d'une topologie $\mathcal{S}$, soumise à la seule condition que, pour tout $u \in \mathcal{L}(E, \mathcal{T})$ fixe et $\neq 0$, l'application $\lambda \to \lambda u$ du corps des complexes dans cet anneau soit un homéomorphisme ([8]); et cherchons les automorphismes $u \to fuf^{-1}$ de $\mathcal{L}(E, \mathcal{T})$ *continus* pour la topologie $\mathcal{S}$. Il faut que $\lambda \to f(\lambda u)f^{-1} = \lambda^0 fuf^{-1}$ soit continue, et par suite que l'automorphisme $\lambda \to \lambda^0$ du corps des nombres complexes soit, lui aussi, continu; on sait que les seuls automorphismes ayant cette propriété sont l'automorphisme identique, et l'antiautomorphisme $\lambda \to \bar{\lambda}$. On en conclut que $f$ est un automorphisme ou un antiautomorphisme de E (non topologique), bicontinu pour $\sigma_0(E, E')$, et par suite aussi bicontinu pour $\sigma(E, E')$ ([9]). Ici encore, il n'est pas certain que la réciproque soit toujours exacte; mais, lorsque $\mathcal{T}$ est

---

([8]) Ce sera le cas lorsque $\mathcal{S}$ sera une topologie d'espace localement convexe sur $\mathcal{L}(E, \mathcal{T})$, considéré comme espace vectoriel sur le corps des complexes.

([9]) En effet, le th. 9 de D (p. 118) s'étend aux applications « anti-linéaires » de E dans F, en vertu de la relation $|\bar{\lambda}| = |\lambda|$.

une topologie d'espace normé, la continuité de l'antiautomorphisme $f$ pour $\sigma(E, E')$ entraîne sa continuité pour $\mathfrak{G}$ [10]; donc :

Théorème. — *Tout automorphisme de l'anneau des endomorphismes continus d'un espace normé complexe* E, *continu pour la topologie* $\mathfrak{S}$, *est un automorphisme intérieur ou un automorphisme de la forme* $u \rightarrow fuf^{-1}$, *où* $f$ *est un antiautomorphisme bicontinu de l'espace normé* E.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les familles complexes normales.* Note [1] de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Paul Montel.

Nous nous proposons de compléter les indications que nous avons données [2] et d'appliquer les résultats obtenus à la théorie des fonctions algébroïdes. Nous nous intéresserons particulièrement aux conséquences du dernier critère cité [3].

Voici d'abord deux propriétés des suites uniformément convergentes d'ensembles de fonctions holomorphes $(f_0, f_1, \ldots, f_n)$.

1° Considérons pour chacun des ensembles de la suite une même combinaison linéaire

$$a_0 f_0 + a_1 f_1 + \ldots + a_n f_n; \tag{1}$$

si l'ensemble limite n'annule pas identiquement cette combinaison, les zéros des combinaisons relatives aux ensembles de la suite tendent vers les zéros relatifs à l'ensemble limite.

2° S'il n'existe aucune relation linéaire entre les fonctions de l'ensemble limite, il y a convergence uniforme, sauf en des points isolés de la suite des ensembles $(\ldots, f_i f'_j - f_j f'_i, \ldots)$ et, plus généralement, de la suite des ensembles des Wronskiens $\Delta_{i_1, i_2, \ldots, i_p}$ des fonctions prises $p$ à $p (p \leq n)$. Sans rien supposer sur l'ensemble limite, on peut encore affirmer qu'il y a convergence uniforme *au sens ordinaire* des expressions

$$\frac{|f_i|}{[\Sigma |f_i|^2]^{\frac{1}{2}}}, \quad \frac{|f_i f'_j - f_j f'_i|}{\Sigma |f_i|^2}, \quad \ldots, \quad \frac{|\Delta_{i_1, i_2, \ldots, i_p}|}{[\Sigma |f_i|^2]^{\frac{p}{2}}}, \quad \ldots, \quad \frac{|\Delta_{0,1,2,\ldots,n}|}{[\Sigma |f_i|^2]^{\frac{n+1}{2}}}. \tag{2}$$

On en déduit les propriétés suivantes :

---

[10] En effet, l'égalité des valeurs absolues d'un nombre complexe et de son conjugué permet de généraliser de même le th. 25 de D (p. 131) au cas où $u$ est une application antilinéaire.

[1] Séance du 24 mai 1943.

[2] *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 681.

[3] On peut le démontrer à partir du théorème VII de la Thèse de M. H. Cartan [*Annales de l'École Normale supérieure*, (3), 45, 1928, pp. 256-346]. On voit aisément que, moyennant des *hypothèses complémentaires* convenables, l'existence de $n+2$ combinaisons exceptionnelles suffit à assurer la normalité.

1° Soit une famille d'ensembles $(f_0, f_1, \ldots, f_n)$, normale dans $|z| < \mathrm{R}$ et dont chaque ensemble présente une même combinaison linéaire exceptionnelle (1); si l'expression

$$\delta = \frac{|a_0 f_0 + a_1 f_1 + \ldots + a_n f_n|}{\sqrt{|f_0|^2 + |f_1|^2 + \ldots + |f_n|^2}\sqrt{|a_0|^2 + |a_1|^2 + \ldots + |a_n|^2}}$$

est, à l'origine, supérieure à $m > 0$, elle est, dans $|z| < r < \mathrm{R}$, supérieure à une borne positive ne dépendant que de $r/\mathrm{R}$ et de $m$.

2° Si une famille d'ensembles est normale dans $|z| < \mathrm{R}$, les quantités (2) sont bornées supérieurement dans $|z| < r$ pour tous les ensembles de la famille.

Dans le cas d'une famille présentant $2n+1$ combinaisons linéaires exceptionnelles (linéairement indépendantes $n+1$ à $n+1$), la propriété 1 apparaît comme une extension du théorème de Schottky, la propriété 2 comme une extension du théorème de Landau. La première pourrait d'ailleurs se déduire de la seconde; on parviendrait ainsi à

$$\left(1 - \frac{r}{\mathrm{R}}\right) \log \delta(r) < \mathrm{AK}^2 + \mathrm{B} \log \delta(0), \tag{3}$$

où K dépend des $2n+1$ combinaisons exceptionnelles, tandis que A et B sont des constantes numériques.

*Application aux algébroïdes.* — Soit une algébroïde à $n$ branches définie par la relation

$$f_0 w^n + f_1 w^{n-1} + \ldots + f_n = 0,$$

où $f_0, f_1, \ldots, f_n$ sont des fonctions holomorphes dans $|z| < \mathrm{R}$. Nous dirons qu'une famille de telles algébroïdes est normale si la famille des ensembles $(f_0, f_1, \ldots, f_n)$ l'est. Si l'ensemble $(f_0, f_1, \ldots, f_n)$ tend uniformément vers un ensemble limite, les $n$ branches de l'algébroïde tendent uniformément vers les $n$ branches de l'algébroïde formée avec l'ensemble limite.

On peut étudier ainsi des algébroïdes dans $|z| < \mathrm{R}$ qui présentent $2n+1$ valeurs exceptionnelles et préciser le théorème de Painlevé-Rémoundos, comme Schottky et Landau l'ont fait pour le théorème de Picard (cas $n = 1$).

1° Soit dans $|z| < \mathrm{R}$ une algébroïde à $n$ branches ayant $2n+1$ valeurs exceptionnelles comprenant la valeur $\infty$. Si les modules de toutes ses branches sont inférieurs à M pour $z = 0$, ils sont, dans $|z| < r$, inférieurs à un nombre ne dépendant que de M, de $r/\mathrm{R}$ et des valeurs exceptionnelles. On pourrait donner un résultat quantitatif en utilisant l'inégalité (3).

2° Soit dans $|z| < \mathrm{R}$ une algébroïde à $n$ branches ayant $2n+1$ valeurs exceptionnelles données. On peut trouver une borne supérieure de R si l'on connaît une borne inférieure $\delta > 0$ de l'oscillation sphérique d'une branche dans le cercle $|z| < r$, ou bien si l'on connaît à l'origine les valeurs distinctes des branches ainsi que la dérivée (non nulle) de l'une d'elles, ou bien, d'une façon générale, si l'on connaît une propriété qui se conserve dans un passage

(uniforme) à la limite et qui exclue les algébroïdes dont les $n$ branches sont des constantes.

Dans les théorèmes précédents on peut, à l'exemple de M. Montel, remplacer des valeurs exceptionnelles par des involutions exceptionnelles.

*Remarque.* — De façon analogue, on développerait sans peine une théorie des familles complexes quasi normales.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la théorie des structures de Dedekind.* Note de M. **Marcel-Paul Schutzenberger**, présentée par M. Gaston Julia.

I. Un ensemble ordonné par une relation d'infériorité transitive désignée par le signe $\subset$ est une structure au sens de Ore (cf. Glivenko, *Théorie générale des structures;* Ore, *Annals of Mathematics*, 1935 et 1936) si, pour deux êtres quelconques $a$ et $b$, il existe des bornes inférieure et supérieure uniques $a \cap b$ et $a \cup b$. Une structure finie a des absolus supérieur et inférieur $\mho$ et $\Omega$ entre lesquels sont compris tous ses êtres $x$.

Deux êtres comparables $a$ et $b$ définissent une structure quotient $a|b$, qui est l'ensemble des êtres compris entre $a$ et $b$ et les admettent par suite pour absolus inférieur et supérieur.

II. Je m'occupe dans cette Note des structures d'un nombre fini d'êtres vérifiant la condition de Dedekind $(a \cap c) \cup (b \cap c) = c \cap [b \cup (a \cap c)]$.

Cette condition peut être mise sous diverses formes équivalentes entraînant notamment une extension du théorème de Jordan sur les suites de composition; dans une structure quotient $ab$ on peut intercaler entre les bornes une suite d'êtres différents $a_i$ — (de $a_0 = a$ à $a_h = b$) tels que chacun d'eux soit immédiatement inférieur au suivant, c'est-à-dire $a_i \subset a_{i+1}$ et $a_i | a_{i+1}$ formé des seuls êtres extrêmes. Les diverses suites ainsi obtenues ont le même nombre H d'intervalles qui est la hauteur de la structure quotient $a|b$.

Dans les propriétés des structures, il y a une dualité (ou corrélation) réalisée en permutant les signes $\cap$ et $\cup$, $\subset$ et $\supset$.

III. J'ai été amené à définir « élément générateur inférieur » (ou supérieur), un être E qui n'a qu'un seul être O immédiatement inférieur (ou supérieur) appelé *origine*.

J'ai énoncé à leur sujet les propriétés corrélatives suivantes : les origines O de la structure quotient $m|\mho$ sont constituées par les $m \cup$ O (O désignant une origine de la structure $\Omega|\mho$).

J'appelle entière une structure qui n'a d'autre origine que les absolus, ce sont les seules à posséder au moins un inverse $a'$ pour chacun de leurs êtres $a$, tel que $a$, tel que $a \cap a' = \Omega$ et $a \cup a' = \mho$.

Toute structure quotient d'une structure entière est entière.

Le produit direct au sens habituel de ce terme de deux structures entières est entier.

IV. J'appelle *simplex* une structure (de Dedekind) entière indécomposable par produit direct; et j'ai obtenu à ce sujet les résultats suivants :

*a*. Toute structure quotient d'un simplex est un simplex.

*b*. Un simplex $S_H$ de hauteur H est formé d'un absolu supérieur $\mho$ et d'un certain nombre $N^H - 1/N - 1$ simplex $S_H - 1$ ayant en commun $N + 1$ à $N + 1$ un simplex de hauteur $H - 2$.

Dans un simplex ainsi caractérisé par sa hauteur H et sa densité $N \geqq 2$, le nombre de structures quotient $\Omega | x$ ou $x | \mho$ de hauteur $h$ est

$$C_H^h(N) = \prod_0^{h-1} \left( \frac{N^{H-i} - 1}{N^{i+1} - 1} \right).$$

Pour $N = 1$ ou $0$, l'on n'obtient plus des simplex, mais des structures distributives, et les $C_H^h(1)$ sont les coefficients du binôme. Pour N premier, le simplex est isomorphe à la structure des sous-groupes d'un groupe abélien engendré par H générateurs d'ordre N.

Je n'ai pu établir l'existence de simplex pour des valeurs quelconques de la hauteur et de la densité, mais j'ai pu montrer que toute structure entière finie de Dedekind était un produit direct de simplex.

Ces propriétés se généralisent pour des structures non entières.

HYDRAULIQUE. — *Remarque sur une influence particulière de la hauteur de chute sur les oscillations dans une chambre d'équilibre ordinaire.* Note de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Ce problème est résolu dans le cas général où le débit de la turbine varie sensiblement comme la racine carrée de la charge, mais, dans le cas de turbines surpuissantes, dont le régulateur n'atteint pas la pleine ouverture, on a, avec les notations habituelles :

$$Q = Q_0 \frac{H}{H + Z} = Q_0 \left[ 1 - \frac{Z}{H} \right]. \tag{1}$$

1° *Ouverture instantanée.* — On a, dès le début du mouvement :

$$u = 1 - \frac{Z}{H} = 1 - \frac{z}{h}, \tag{2}$$

$$\frac{dv}{dz} = -\frac{1}{v}\left( z + p - \frac{v}{h} \right), \tag{3}$$

$$p = p_0 \left( v + 1 - \frac{z}{h} \right)^2, \tag{4}$$

$$\frac{d^2 v}{dz^2} = -\frac{1}{v}\left( 1 + \frac{dp}{dz} - \frac{1}{h}\frac{dv}{dz} \right) + \frac{1}{v^2}\frac{dv}{dz}\left( z + p - \frac{v}{h} \right), \tag{5}$$

$$\frac{dp}{dz} = 2 p_0 \left( v + 1 - \frac{z}{h} \right)\left( \frac{dv}{dz} - \frac{1}{h} \right). \tag{6}$$

Les conditions initiales : $z = 0$, $u = 1$, $p = 0$, $v = -1$ donnent alors

$$\left( \frac{dv}{dz} \right)_0 = \frac{1}{h}, \qquad \rho_0 = \left[ 1 + \frac{1}{h^2} \right]^{\frac{3}{2}}$$

et définissent le point de départ A($z = 0$, $v = -1$), la tangente et le cercle de

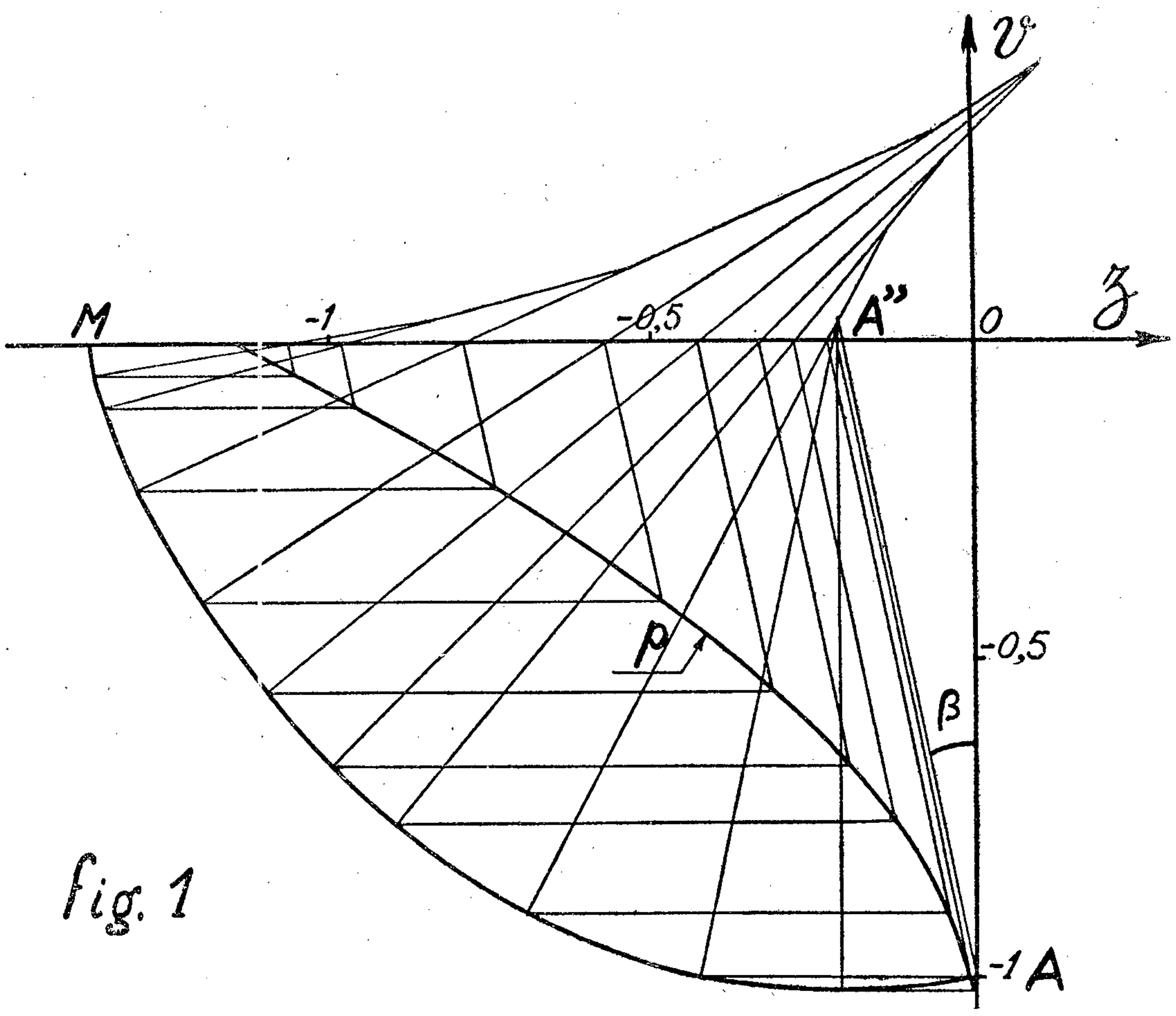



fig. 1

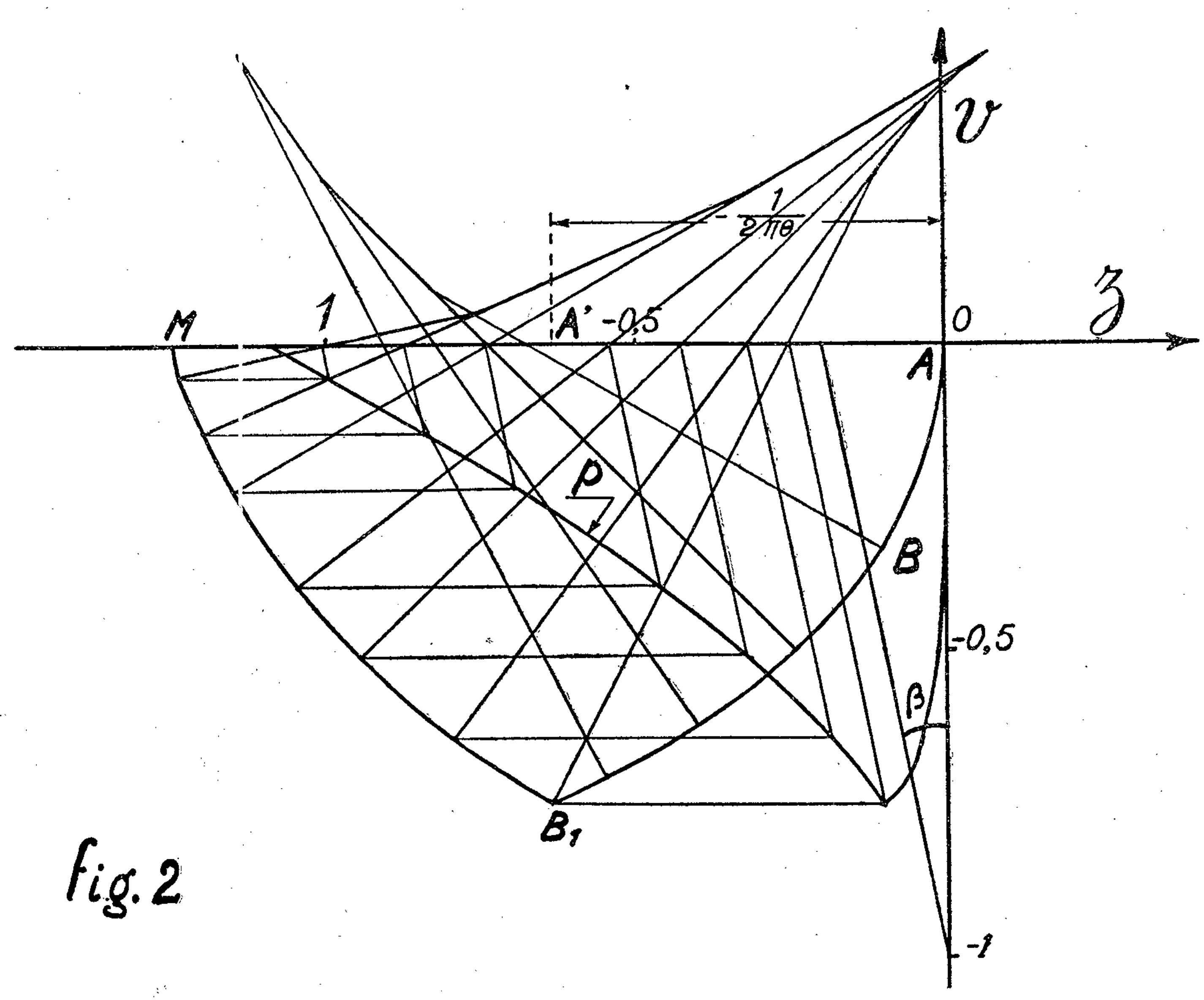



fig. 2

courbure de rayon $\rho_0$ en ce point de la courbe d'abscisse $z$, d'ordonnée $v$.

Le tracé de cette courbe se poursuit par la construction des normales basée sur l'équation (3), comme le montre la figure 1 ($\tang\beta = 1/h$).

2° *Ouverture progressive de durée relative* $\theta = \tau/T$. — Avant l'instant relatif $\theta$, les relations (1) et (2) sont remplacées par les suivantes :

$$(7) \qquad Q = Q_0 \frac{t}{\tau} \frac{H}{H+Z}, \qquad u = \frac{t'}{\theta}\left[1 - \frac{z}{h}\right].$$

On a

$$(8) \quad \frac{dv}{dz} = -\frac{1}{v}\left[z + p + \frac{1}{2\pi\theta}\left(1 - \frac{z}{h}\right) - \frac{vt'}{\theta h}\right], \qquad (9) \quad p = p_0\left[v + \frac{t'}{\theta}\left(1 - \frac{z}{h}\right)\right],$$

$$(10) \quad \frac{d^2v}{dz^2} = -\frac{1}{v}\left[1 + \frac{dp}{dz} - \frac{1}{\pi\theta h} - \frac{t'}{\theta h}\frac{dv}{dz}\right] + \frac{1}{v^2}\frac{dv}{dz}\left[z + p + \frac{1}{2\pi\theta}\left(1 - \frac{z}{h}\right) - \frac{vt'}{\theta h}\right],$$

$$(11) \quad \frac{dp}{dz} = 2p_0\left[v + \frac{t'}{\theta}\left(1 - \frac{z}{h}\right)\right]\left[\frac{dv}{dz} + \frac{1}{2\pi\theta v}\left(1 - \frac{z}{h}\right) - \frac{t'}{\theta h}\right].$$

Les conditions initiales : $t' = 0$, $z = 0$, $p = 0$, $u = 0$, $v = 0$, donnent

$$\left(\frac{dv}{dz}\right)_0 = \infty, \qquad \left(\frac{dp}{dz}\right)_0 = 0, \qquad \left(\frac{d^2v}{dz^2}\right)_0 = \infty, \qquad \rho_0 = \frac{1}{2\pi\theta}.$$

On obtient ainsi le début de la courbe ($z$, $v$), qu'on trace en calculant la pente des normales, à l'aide de l'équation (8) jusqu'au point $B_1$ correspondant à $t' = \theta$. Au delà, la construction devient celle que nous avons exposée pour l'ouverture instantanée (*fig.* 2).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la concordance de la période de transformation massive des matériaux de la calotte polaire australe de la planète Mars et de celle d'existence de sa bordure sombre.* Note de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. J'ai montré (¹) que la frange sombre cernant les calottes polaires de Mars correspond, au moins partiellement et pendant une certaine période, à un phénomène planétaire réel.

Je me propose de montrer ici que son comportement caractéristique dans le temps devient particulièrement significatif lorsqu'on le rapproche quantitativement de l'évolution concomitante de la calotte polaire.

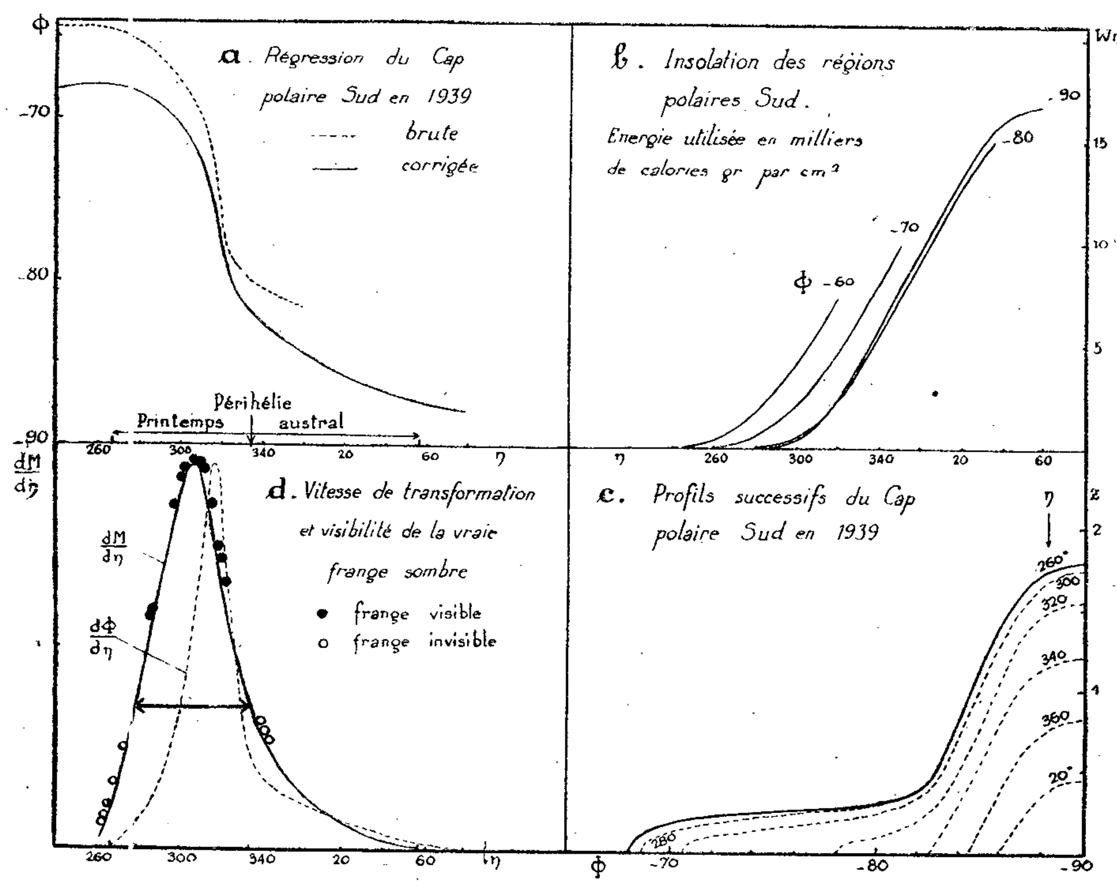
II. Les observations des dimensions aréocentriques apparentes de la calotte polaire, une fois corrigées de l'influence de la diffraction, permettent de déterminer la latitude moyenne vraie $\Phi$ de son bord en fonction de la longitude héliocentrique $\eta$, sensiblement proportionnelle au temps ($d\eta/dt \simeq 0°,6$ par jour entre $\eta = 260°$ et $\eta = 50°$). Cette *courbe de régression* (*fig.* 1, *a*) donne ainsi en fonction du temps la latitude des points où l'épaisseur de la

---

(¹) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 602.

calotte s'annule, c'est-à-dire où la quantité de chaleur absorbée depuis la fin de la nuit polaire a été suffisante pour provoquer le changement d'état complet de toute l'épaisseur initiale de la couche.

Certaines données physiques manquent encore pour calculer convena-



blement en valeur absolue la quantité de chaleur absorbée et l'épaisseur de la couche. Par contre on peut déjà déterminer, au moins en première approximation, les quantités de chaleur et par suite les épaisseurs relatives, c'est-à-dire le *profil* de la calotte polaire.

III. L'énergie effectivement utilisée pour la transformation de la couche est essentiellement la différence entre la fraction absorbée $w'$ de l'énergie de la radiation solaire incidente transmise par l'atmosphère et l'énergie $w''$ du rayonnement thermique émis par la surface.

La première peut être déduite des tables classiques de Angot relatives à la Terre (obliquité de l'écliptique ♁ $= 23^\circ\ 1/2$, ♂ $= 24^\circ$) par un changement convenable d'unités et en admettant les valeurs 0,5 pour l'albedo de la calotte et 0,8 pour la transmission atmosphérique relatives à la radiation solaire.

La seconde a été évaluée à un facteur près, en admettant que la surface rayonne dans l'infrarouge (vers 10-15$^\mu$) comme un corps noir à des températures dont les variations (entre 180° et 260° K environ), en fonction de la latitude et du temps, ont pu être sommairement esquissées à l'aide des résultats des mesures radiométriques américaines de 1924 et 1926. Le facteur restant inconnu (faute essentiellement de données sur la transparence atmosphérique dans l'infrarouge au-dessus de la calotte) a été déterminé en remarquant que l'étendue de la calotte polaire Sud passe généralement par un minimum aux environs de la longitude héliocentrique $\eta = 80^\circ$, et que, par suite, à cette

époque le bilan des échanges doit s'annuler, c'est-à-dire $w''=w'$, d'où le facteur d'ajustement cherché.

On obtient ainsi l'énergie utilisée $W_\eta = \int_{\eta_0}^{\eta} (w' - w'')\,d\eta$ en fonction de $\eta$ et de $\Phi$ [courbes d'insolation (*fig.* 1, *b*)].

IV. Dès lors le rapprochement des courbes de régression et d'insolation détermine le profil de la calotte polaire en fonction de $\eta$ (*fig.* 1, *c*). En admettant que la couche soit à peu près homogène, on en déduit immédiatement, par intégration, les masses relatives M transformées entre deux époques données, c'est-à-dire (en unités arbitraires) la vitesse de transformation $dM/d\eta$ des matériaux du Cap polaire (*fig.* 1, *d*). On constate que cette vitesse a présenté, en 1939, une *pointe* très accusée vers $\eta = 300\text{-}310°$. Il convient de noter que cette pointe précède nettement celle que la vitesse de régression $d\Phi/d\eta$ (courbe en pointillé) de l'étendue de la calotte a présentée vers $\eta = 320°$, époque vers laquelle celle-ci *fondait* le plus vite en apparence.

V. Si enfin on pointe, en regard de la vitesse de transformation, les dates de visibilité de la vraie frange sombre polaire, précédemment discriminée, on constate (*fig.* 1, *d*) que celle-ci, invisible au début et à la fin des observations, ne s'est pleinement manifestée qu'entre les longitudes héliocentriques 280° et 330° environ, période qui coïncide précisément avec celle de transformation *massive* la plus rapide de la calotte polaire.

Autrement dit, il semble bien que la frange sombre ne se développe et ne subsiste que pendant la période relativement courte du printemps au cours de laquelle la transformation des matériaux de la calotte polaire, dépassant un certain seuil de vitesse, se fait de façon massive et pour ainsi dire *trop vite*.

Cette idée pourra être développée dans le cadre d'un essai d'interprétation physique de divers phénomènes liés au cycle saisonnier des calottes polaires de la planète.

ACOUSTIQUE. — *Sur un dispositif d'enregistrement automatique des caractéristiques électroacoustiques des systèmes émetteurs, transmetteurs ou récepteurs.* Note de M. **Pierre Chavasse**, présentée par M. Camille Gutton.

Il devient de plus en plus nécessaire de relever les caractères électroacoustiques des systèmes émetteurs, transmetteurs ou récepteurs utilisés en acoustique et en téléphonie. Nous avons réalisé, à la Direction des Recherches et du Contrôle technique des P. T. T., un dispositif enregistreur automatique permettant d'obtenir de tels renseignements, d'un trait continu et en un temps réglable entre 1 sec. et 3 min. Il comprend :

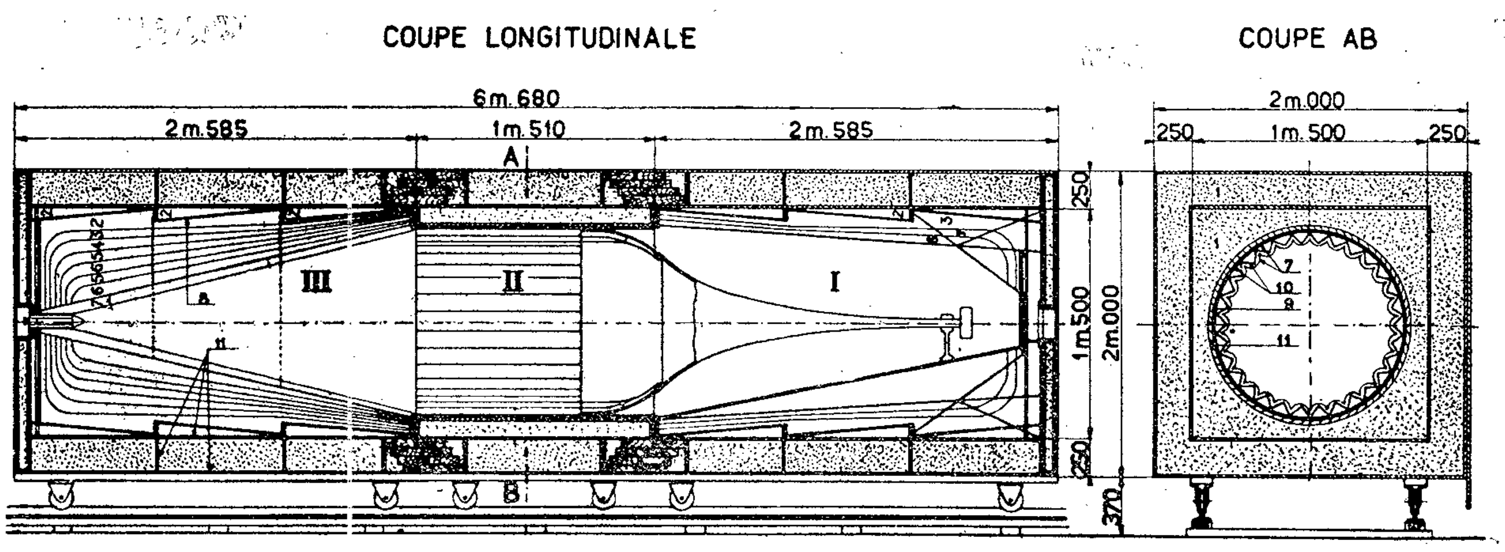
*a.* un oscillateur à tension constante et de fréquence continûment variable entre 0 et $10^4$ p:s, qui alimente la source de son;

*b.* un amplificateur à sensibilité logarithmique (de 0 à 60 décibels) et indé-

pendante de la fréquence entre 10 et $10^4$ p:s, dont la constante de temps est inférieure à $10^{-3}$ s;

*c*. un inscripteur, qui est soit un enregistreur à aiguille pour les mouvements lents, soit un oscillographe magnétique ou cathodique associé à un appareil photographique pour les mouvements rapides. Le synchronisme est assuré entre la variation de la fréquence et le déroulement de la bande enregistreuse ou le balayage de l'écran. La durée d'inscription est réglable continûment entre 10 s. et $10^{-1}$ s (pour les vitesses moyennes et grandes) par un embrayage à friction à cônes extérieurs, d'axes parallèles, s'entraînant au moyen d'un galet tangent aux deux surfaces.

Pour les études dans le champ libre, une salle de propagation a été réalisée par l'association d'un émetteur à pavillon exponentiel I (avec deux moteurs, l'un pour les sons aigus, l'autre pour les graves), d'une chambre cylindrique II $[130 \times (\pi/4)\, 100^2\ cm^3]$ et d'un cône absorbant III d'angle au sommet 23° et de hauteur $250^{cm}$. Entre $10^2$ et $10^4$ p:s, les ondes produites sont planes à moins de 2 db près dans un cylindre de $100^{cm} \times 2900^{cm^2}$ (voir figure).




1, sciure et copeaux de bois; 2, crin végétal; 3, laine minérale; 4, varech; 5, bourre de coton; 6, laine de verre; 7, coton cardé; 8, isorel; 9, plomb; 10, amicante; 11, bois.

Des cannelures longitudinales, profondes de $85^{mm}$, suppriment les ondes transversales ou les circulations périphériques. Les parois sont constituées par des couches superposées de bois, insulite, laine minérale, crin végétal, varech, bourre de coton, laine de verre, coton cardé. Pour obtenir un champ indépendant de la fréquence, on utilise un microphone dont la caractéristique en champ libre est connue et rectifiée et qui commande un amplificateur à pente variable, réglant le débit de la source. Quand il s'agit d'étudier un émetteur, on l'incorpore dans un baffle à une extrémité de la chambre cylindrique et l'on place le microphone étalon à diverses distances. Le système se prête également au relevé automatique des caractéristiques directionnelles des haut-parleurs ou des microphones qu'on excite à fréquence constante et qu'on fait tourner sur un support animé d'une vitesse de rotation uniforme.

ÉLECTRICITÉ. — *Arc intermittent à fonctionnement automatique pour l'analyse spectrographique.* Note de M. **Léon Grillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

De nombreux modèles d'arcs intermittents ont déjà été décrits ([1]). Ils sont destinés à l'analyse spectrographique. A part celui de Fabry et Pérot, qui est alimenté en continu, l'installation nécessaire pour leur fonctionnement est importante et coûteuse. J'indique dans cette Note un modèle probablement nouveau de réalisation particulièrement simple, fonctionnant directement sans organe accessoire sur le secteur alternatif d'éclairage, ne nécessitant pour les électrodes que de faibles quantités de matière et ayant un grand éclat pour une consommation de quelques watts seulement.

L'arc éclate entre une électrode fixe et une électrode mobile solidaire d'un noyau de fer doux. Il est en série, aux bornes du secteur, avec une bobine et un rhéostat de réglage. C'est l'attraction du noyau par la bobine qui produit l'allumage et l'interruption de l'arc. Un ressort légèrement comprimé applique au repos l'électrode mobile sur l'électrode fixe et assure ainsi un contact électrique suffisant entre les deux électrodes. L'ensemble des deux électrodes est contenu dans un carter étanche de faibles dimensions dans lequel on peut modifier, soit la pression, soit la nature du gaz de remplissage. Les électrodes sont de très petites dimensions et facilement démontables. L'une d'entre elles peut être remplacée par un charbon sans mèche. Une modification très simple permet l'emploi de petits fils métalliques. Le porte-électrode mobile contient, entre le noyau de fer doux et l'électrode, une pièce intermédiaire non magnétique, ce qui permet l'usage d'électrodes magnétiques.

J'ai vérifié que cet arc est très stable. Son régime est fixé d'une part par les caractéristiques du ressort et du noyau de fer doux aspiré par la bobine, d'autre part par les caractéristiques du circuit électrique. Un régime déterminé est facilement reproductible en ajustant avec un rhéostat le courant indiqué par un ampèremètre disposé dans le circuit, les caractéristiques mécaniques restant constantes. L'analyse oscillographique du courant montre que chaque courbe est bien caractéristique d'un régime déterminé de l'arc. Le régime définitif est obtenu dès les premières alternances du courant. On peut, par le simple réglage du courant, supprimer entièrement l'une des alternances, et en fait l'arc se trouve alors automatiquement alimenté en

---

([1]) Ch. Fabry et A. Perot, *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 406; Crew et Tatwell, d'après G. Urbain, *Introduction à l'étude de la Spectrochimie*, Paris, 1911, p. 116; Hamy, *J. Phys.*, 4, 1923, p. 533; K. Pfeilsticker, *Z. Elektroch.*, 43, 1937, p. 719; *Z. Metallkunde*, 30, 1938, p. 211; F. de Boer, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 60, 1941, p. 5; R. Schmidt, *ibid.*, p. 378.

courant pulsatoire redressé. J'ai obtenu ce régime, avec un arc entre électrodes de zinc, pour un courant de 0,32 ampère (indiqué par un appareil électromagnétique).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur le chauffage par courants de Foucault d'une sphère et d'un ellipsoïde de révolution allongé ou aplati.* Note de M. **Marc Jouguet**, présentée par M. Jean Chazy.

Les résultats déjà exposés ([1]) permettent de calculer la puissance W transformée en chaleur dans un ellipsoïde de révolution, placé dans un champ magnétique alternatif uniforme et dirigé parallèlement à l'axe. Le calcul est facile dans les deux cas limites où la quantité $v = 2\pi a\sqrt{\gamma f/\mu}$ est nulle ou infinie.

1° $v = 0$ (fréquences basses, corps peu conducteurs). On trouve

$$W = \frac{\pi}{480}\gamma\omega^2 H_0^2 D_1^5 x \tag{1}$$

($x = h_1/D_1$; $D_1$ diamètre du cercle équatorial, $h_1$ longueur de l'axe de révolution).

2° $v = \infty$ (fréquences très élevées, corps très conducteurs). On obtient

$$W = \frac{3 D_1^2 H_0^2}{32}\sqrt{\frac{\mu f}{\gamma}}\,\Theta(x), \tag{2}$$

avec

$$\Theta(x) = \frac{1}{3}\,\frac{1 + \dfrac{x^2 - 2}{\sqrt{x^2 - 1}}\operatorname{Arc\,tang}\sqrt{x^2 - 1}}{\left[\dfrac{x}{\sqrt{x^2 - 1}} - \dfrac{1}{x^2 - 1}\,L\left(x + \sqrt{x^2 - 1}\right)\right]^2}$$

ou

$$\frac{1}{3}\,\frac{\dfrac{2 - x^2}{\sqrt{1 - x^2}}\,L\,\dfrac{1 + \sqrt{1 - x^2}}{x} - 1}{\left(\dfrac{1}{1 - x^2}\operatorname{Arc\,tang}\dfrac{\sqrt{1 - x^2}}{x} - \dfrac{x}{\sqrt{1 - x^2}}\right)^2},$$

suivant que l'ellipsoïde est allongé ($x > 1$) ou aplati ($x < 1$). On a $\Theta(1) = 1$, de sorte que le coefficient de $\Theta$ dans (2) représente la valeur $W_1$ de W pour une sphère. On tire de ces formules les conclusions suivantes. Si $D_1$ est constant et si $h_1$ varie de zéro à l'infini : 1° pour des corps peu conducteurs et en basse fréquence, W est proportionnel à $h_1$; 2° pour des corps très conducteurs et des fréquences élevées : W est très grand pour $h_1$ très petit (plaque circulaire); cela tient à ce que la densité de courant est très grande sur le cercle équatorial ([2]). W est minimum pour $h_1 = 0,25\,D_1$ environ et sa valeur

([1]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 523.

([2]) Cf. Marc Jouguet, *loc. cit.* et G. Ribaud, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 377.

est alors 0,82 $W_1$. W augmente indéfiniment avec $h_1$ et, quand $h_1$ est grand, il en est fonction linéaire.

On peut appliquer ces résultats au calcul approché de la puissance absorbée par un cylindre de révolution de hauteur $h_0$ et de diamètre $D_0$, en lui substituant l'ellipsoïde de même volume, $D_1$ et $h_1$ étant proportionnels à $D_0$ et $h_0$. On peut alors comparer la valeur W ainsi obtenue à celle qu'on trouve, soit W', en considérant le cylindre limité comme faisant partie d'un cylindre indéfini, et calculer le rapport $k_f = W/W'$, que M. Radulet a appelé *facteur de forme* ([3]) et dont il a donné les valeurs en fonction de $x$, en le calculant pour des fréquences très élevées.

1° *Cylindre de hauteur quelconque, non magnétique.* — *a.* En très haute fréquence, voici, avec celles de M. Radulet, quelques-unes des valeurs que nous trouvons :

| | $x$ ....... | 0,2. | 0,4. | 1. | 2. | 3. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $k_f$ | Radulet....... | 6,04 | 4,00 | 2,53 | 1,93 | 1,69 |
| | Ellipsoïde..... | 8,10 | 4,05 | 1,96 | 1,50 | 1,31 |

Pour $x$ infini, nous obtenons $k_f = 1,02$ (on devrait trouver 1).

*b.* En basse fréquence, nous trouvons $k_f = 1,04$, quel que soit $x$.

2° *Cylindre pour lequel* $h_0 = D_0$. — L'ellipsoïde équivalent est une sphère. En utilisant les résultats indiqués dans une précédente Note ([4]), on calcule $k_f$ pour n'importe quelle valeur de $\gamma$, $\mu$ et $f$. On trouve que $k_f$ est fonction de $u_0 = \pi D_0 \sqrt{2\gamma\mu f}$ et de $\mu$.

*a. Corps non magnétiques.* — $k_f$ est une fonction croissante de $u_0$ :

| $u_0$........ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | $\infty$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k_f$........ | 1,04 | 1,05 | 1,22 | 1,50 | 1,60 | 1,65 | 1,80 | 1,96 |

*b. Corps ferromagnétiques* (sans hystérésis et loin de la saturation). — $k_f$ est fonction de $u_0/\mu$. Pour $u_0$ donné, $k_f$ est fonction décroissante de $\mu$ et tend vers zéro quand $\mu$ augmente indéfiniment. Par exemple, pour $D_0 = 20^{cm}$, $f = 300000$ p. p. s. et $\gamma = 1/15600$ C. G. S., on trouve :

| $\mu$....... | 0 | 100 | 1000 | 10000 | 100000 | $\infty$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $k_f$...... | 1,92 | 1,79 | 1,435 | 0,79 | 0,215 | 0 |

Il résulte de tout ce qui précède qu'on ne peut pas considérer le *facteur de forme* comme une fonction de $x$ seulement. Il dépend largement de $\gamma$, $\mu$ et $f$. Il a, en pratique, des valeurs inférieures à celles qu'on calcule en très haute fréquence, lesquelles sont elles-mêmes inférieures (sauf pour les cylindres très plats) à celles que donne M. Radulet.

---

([3]) *Thèse de Doctorat*, Zurich, 1931, p. 56.

([4]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 635.

MAGNÉTISME. — *De l'influence d'un mince dépôt superficiel sur l'aimantation d'une bille d'acier. Application aux propriétés magnétiques des roches.* Note de M<sup></sup>me **FRANÇOISE BAYARD-DUCLAUX**, transmise par M. Charles Maurain.

G. Grenet [1] a montré que l'aimantation des roches volcaniques était stable pour des roches non altérées et variable, au contraire, pour des roches altérées. Il a fait l'hypothèse qu'une altération entraînant une modification des couches superficielles des minéraux ferromagnétiques, pouvait jouer le rôle d'écran magnétique et empêcher ainsi la mesure de l'aimantation des parties non altérées de la roche. En effet, si l'aimantation des roches est due à la présence de grains de magnétite ou d'un composé plus complexe à base d'oxydes de fer, on peut supposer qu'une altération de la surface crée une nouvelle couche ferromagnétique dont l'influence altère notablement les propriétés magnétiques de l'ensemble.

J'ai voulu voir ce qui se passait dans un cas beaucoup plus simple : celui d'une bille d'acier aimantée dont on modifie la surface. Et j'ai, à cette fin, étudié des billes sur lesquelles je faisais déposer électrolytiquement des couches de plus en plus épaisses de fer.

Le mode opératoire utilisé a été le suivant : les billes d'acier trempé avaient un diamètre de $1^{cm}$. Le procédé de ferrage qui s'est montré le meilleur après maints essais consistait en un bain composé de $300^g$ de $Cl^2Fe$, $335^g$ de $Cl^2Ca$ pour $1000^g$ d'eau distillée avec 1 % de solution normale de ClH. Le dépôt se faisait à la température de 90°, sous une intensité de 0,150 amp.

Les résultats suivants, relatifs à l'une des billes étudiées, montrent la décroissance de l'intensité d'aimantation en fonction du rapport de l'épaisseur de la couche déposée au rayon de la bille :

| $\frac{\Delta R}{R} \times 1000$ | 0 | 7 | 14,2 | 29,2 | 46,6 | 69,8 | 83,6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 4,60 | 3,95 | 3,56 | 2,75 | 1,82 | 0,91 | 0,58 |

L'intensité d'aimantation atteint la moitié de sa valeur pour une couche égale aux 36/1000 environ du rayon de la bille.

Il était intéressant de vérifier si l'aimantation initiale de la bille n'avait pas changé. A cet effet, j'ai essayé d'user électrolytiquement le dépôt dans un bain de $SO^4Na^2$. Les résultats sont les suivants :

| $\frac{\Delta R}{R} \times 1000$ | 83,6 | 76,4 | 67,4 | 56,0 | 52,4 | 47,0 | 42,6 | 39,6 | 30,6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 0,58 | 0,93 | 1,22 | 1,54 | 1,73 | 2,05 | 2,10 | 2,46 | 2,76 |

On observe bien une croissance de l'intensité d'aimantation quand l'épaisseur de la couche diminue. Mais cet accroissement est toujours plus fort, pour

[1] G. GRENET, *Cahiers de Physique*, 1re série, 7, 1942, p. 41.

un même dépôt, qu'il n'était à la charge. L'examen de la bille montre que l'usure n'est pas uniforme et que l'épaisseur de la couche est variable d'un point à un autre. Il est inutile d'espérer arriver, par une telle méthode, à se replacer dans les conditions initiales.

J'ai eu alors recours au procédé suivant : j'ai pris une bille d'acier trempé sur laquelle pouvaient s'emboîter exactement deux hémisphères de fer doux de 5/10 de millimètre d'épaisseur. La bille une fois aimantée, il suffisait de mettre et d'ôter les coquilles pour ajouter la couche ferreuse superficielle et retourner ensuite aux conditions initiales. Dans ces conditions, l'aimantation de la bille seule étant égale à 6,8, elle tombe à 0,57 lorsque les calottes sont emboîtées et disposées avec soin et reprend de nouveau sa valeur initiale lorsqu'on enlève les coquilles. Il est intéressant de remarquer que l'on trouve, pour une épaisseur de calotte égale au 1/100 du rayon de la bille, une valeur de l'intensité d'aimantation sensiblement égale à celle que l'on obtenait avec un dépôt électrolytique de même épaisseur. Les deux coquilles, placées sur une bille de laiton avant et après l'opération donnaient une intensité d'aimantation pratiquement nulle.

On constate donc bien l'influence de la couche superficielle comme écran magnétique, ce qui pourrait être une vérification de l'hypothèse énoncée au début de la présente Note.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Largeur interférentielle d'une fente de spectrographe*. Note [1] de M. **Jacques-R. Huart**, présentée par M. Aimé Cotton.

En 1878 Fizeau a indiqué une méthode permettant la mesure du diamètre apparent des étoiles et astéroïdes fondée sur l'observation des franges d'interférence produites dans l'image de l'étoile par un diaphragme percé de deux fentes parallèles. Michelson, qui a déterminé par cette méthode plusieurs diamètres apparents d'étoiles, l'avait préalablement appliquée à la mesure de la largeur de fentes fines [2]. Il opérait avec un système de deux fentes d'écartement constant, la largeur de la fente objet étant variable. L'élargissement progressif de la fente objet doit faire disparaître périodiquement les franges. Michelson notait la largeur mesurée de la fente et la largeur déduite de chacune de ces disparitions. Les mesures ont été faites avec la lumière solaire, la lumière du calcium et une lumière *rouge*. Il déduisait de ces mesures que la différence entre les deux largeurs n'atteignait que 2 %. Il semble que cette affirmation ait été fondée surtout sur ses observations en lumière rouge. Les résultats des mesures en lumière solaire montrent au contraire un écart systématique; la largeur déduite des extinctions est toujours plus petite que la

---

(1) Séance du 24 mai 1943.

(2) *Phil. Mag.*, 5e série, 30, 1890, p. 1.

largeur mesurée et la différence est toujours plus grande pour le premier ordre d'extinction.

J'ai repris les mesures de Michelson en utilisant une radiation monochromatique et des systèmes de fentes d'ouvertures angulaires variées. Une fente de spectrographe munie d'une excellente vis micrométrique, éclairée par la raie verte d'une lampe à vapeur de mercure Philips Philora, filtrée par un monochromateur, était placée au foyer d'un objectif Berthiot de focale $520^{mm}$ et d'ouverture $f/6,3$. La lunette d'observation était constituée par une excellente lentille simple plan-convexe de focale $1060^{mm}$ et par des oculaires ou des microscopes de puissances variables suivant la finesse des franges d'interférence. Les diaphragmes étaient placés entre les deux objectifs, l'écartement des fentes ayant varié de 2,5 à $46^{mm},5$.

Dans une première série de mesures, j'ai employé la méthode de Michelson : élargissement progressif de la fente objet, le système interférentiel restant fixe. Les extinctions sont très nettes et la largeur correspondante de la fente est souvent fixée au micron près. Je donne dans le tableau ci-après, pour chacun des systèmes interférentiels, les périodes théoriques d'extinction, les largeurs de fente pour lesquelles les extinctions ont été effectivement observées et leurs différences premières.

| | $2^{mm},5.$ | $6^{mm},5.$ | $13^{mm}.$ | $19^{mm},5.$ | $26^{mm}.$ | $33^{mm}.$ | $46^{mm},5$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Période théorique... | $113^{\mu},5,$ | $43^{\mu},7.$ | $21^{\mu},8.$ | $14^{\mu},6.$ | $10^{\mu},9.$ | $8^{\mu},6.$ | $6^{\mu},1.$ |
| Ordre 1... | 131 | 49 | 27 | 19,5 | 15,5 | 14 | 9,5 |
| | 104 | 43,5 | 23,5 | 16 | 12,5 | 9,5 | 3 |
| 2... | 235 | 92,5 | 50,5 | 35,5 | 28 | 23,5 | 12,5 |
| | 108 | 45 | 23,5 | 16 | 11,5 | 9,5 | 5,5 |
| 3... | 343 | 137,5 | 74 | 51,5 | 39,5 | 33 | 18 |
| | | 48,5 | 23,5 | 14 | 11,5 | 9 | 6,5 |
| 4... | | 186 | 97,5 | 65,5 | 51 | 42 | 24,5 |
| | | | 24,5 | 18 | 12,5 | 10 | 7 |
| 5... | | | 122 | 83,5 | 63,5 | 52 | 31,5 |
| | | | 28 | 19,5 | 12 | 10 | |
| 6... | | | 150 | 103 | 75,5 | 62 | |

Ces observations peuvent être représentées dans un système de deux axes rectangulaires dont les abscisses sont égales à la période des franges d'interférence et les ordonnées aux largeurs correspondantes de la fente objet. Les points calculés à partir de la théorie élémentaire et correspondant au même ordre d'extinction sont sur des droites passant par l'origine et dont les pentes sont proportionnelles à la focale. Les points observés sont encore sur des droites, mais celles-ci passent au-dessus de l'origine. Leurs pentes correspondent à une focale de $525^{mm}$ au lieu de 520. L'erreur est minime. Dans une deuxième série d'observations, la fente objet était fixe et la période des franges variable par rotation du diaphragme. Les 13 points observés par cette méthode se placent sur les droites précédentes.

Les déplacements des droites observées sont trop grands pour être imputables à des erreurs de mesures. Les retards des premiers zézos indiquent que la largeur interférentielle d'une fente fine est toujours inférieure à sa largeur réelle. C'est un fait très anciennement connu des spectroscopistes. Cependant, le fait que les extinctions ne sont pas périodiques interdit d'assimiler la fente éclairée par projection à un objet plan incohérent et de largeur inférieure.

P. H. van Cittert a montré que l'image d'une fente éclairée par une onde cohérente diffère profondément de son image en éclairage incohérent ([3]). Mais il s'agit ici d'un problème différent. Le calcul montre que les extinctions des franges se produisent exactement dans les mêmes conditions, que l'éclairage soit cohérent ou incohérent. Par contre la décroissance progressive de la visibilité des franges que j'ai observée coïncide beaucoup mieux avec le cas théorique de l'éclairage incohérent. Le peu de cohérence que les phénomènes de diffraction peuvent mettre dans l'éclairement de la fente est apparemment négligeable. En réalité la fente, étant donnée l'épaisseur de ses lèvres, ne peut pas suivre la loi de Lambert, sa largeur interférentielle varie avec la direction d'observation.

OPTIQUE. — *Sur le photodichroïsme de lames colorées de* KCl. Note ([1]) de M. **Serge Nikitine**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré ([2]) que l'on pouvait produire le photodichroïsme dans des lames colorées de NaCl [contenant des centres F et F′ ([3])] quand on les exposait à l'action de la lumière blanche polarisée rectilignement. J'ai présumé que l'on pourrait de même observer ce phénomène avec d'autres halogénures alcalins. J'ai pu effectivement retrouver le photodichroïsme avec des lames colorées de KCl. Il se distingue de celui observé avec NaCl par quelques particularités.

J'ai étudié des lames planes de KCl (pur Poulenc pour analyse), taillées dans des cristaux synthétiques obtenus à partir du sel fondu. La technique utilisée pour la préparation de ces lames sera décrite plus tard. Initialement incolores, ces lames ont été colorées par l'action des rayons X (6 à 10 heures) d'un appareil médical (180 kV, rayonnement du Tu). Mais, contrairement à ceux de NaCl, les cristaux recuits colorés de KCl sont instables et se décolorent spontanément dans l'obscurité. Il est alors nécessaire de les étudier au point de vue du photodichroïsme aussitôt après l'action des rayons X et même d'effectuer les mesures très rapidement.

---

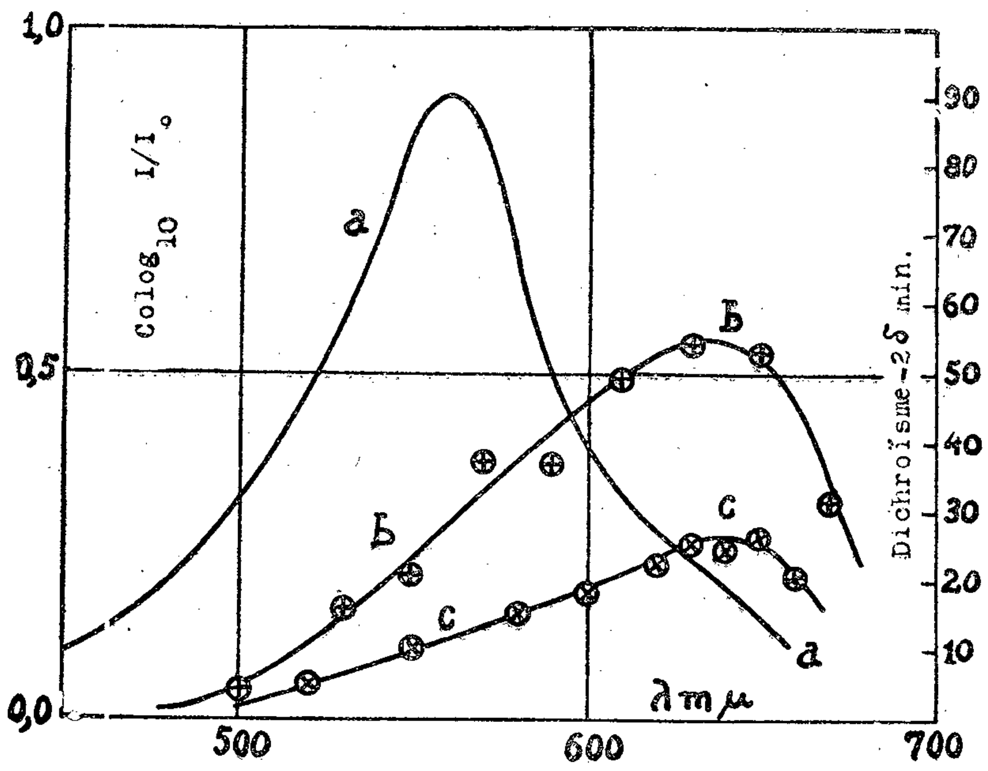
([3]) *Z. f. Phys.* 65, 1930, p. 547.

([1]) Séance du 24 mai 1943.

([2]) *Comptes rendus,* 213, 1941, p. 32.

([3]) R. W. Pohl, *Proc. Roy. Soc.*, 49, 1937, Extra part, p. 3.

L'étude du photodichroïsme a été faite suivant la technique et avec l'installation décrite précédemment ([4]). On a irradié les lames colorées avec la lumière totale polarisée rectilignement d'une lampe SP500 Philips. Après 2 à 3 minutes la lame se décolore fortement et devient dichroïque. On a mesuré ensuite le dichroïsme ainsi obtenu en fonction de la longueur d'onde. Les résultats obtenus pour une des lames étudiées sont reproduits sur la figure. Pour les autres lames, les résultats obtenus sont analogues. On a tracé sur la figure la courbe d'extinction de la lame colorée avant l'insolation en




lumière polarisée (courbe $a$), la courbe (mesurée aussitôt après l'insolation en lumière polarisée) représentant la variation du photodichroïsme en fonction de la longueur d'onde (courbe $b$), et enfin une courbe ($c$) analogue, mesurée avec le même cristal (maintenu dans l'obscurité) 3 heures plus tard. On voit que le dichroïsme a considérablement diminué après cette durée de temps; de ce fait les courbes $b$ et $c$ ne sont qu'approchées, car même pendant la durée des mesures relatives à une courbe, le dichroïsme a pu changer d'une quantité non négligeable. D'autre part la lumière servant aux mesures polarimétriques perturbe certainement le dichroïsme de la lame (en raison de la grande sensibilité de celle-ci à la lumière).

Les courbes $b$ et $c$ sont très différentes des courbes correspondantes trouvées avec NaCl. L'explication de cette différence paraît être facile à donner. En effet deux espèces de transformations se produisent dans ces cristaux colorés sous l'effet de la lumière : 1° la disparition des centres F et F′, qui correspond à la décoloration du cristal (nous désignerons cette transformation par $F \to 0$, $F' \to 0$); 2° la transformation d'un centre F en centre F′ et inversement ($F \to F'$ et $F' \to F$). Dans les cristaux colorés de NaCl la deuxième tranformation est très importante et donne lieu à des photo-

([4]) S. Nikitine, *Ann. de Phys.*, 15, 1941, p. 276.

dichroïsmes de signes contraires dans les différentes parties du spectre visible (²), (⁵). Dans les cristaux de KCl, la transformation $F \rightarrow o$ et $F' \rightarrow o$ serait par contre plus importante que la transformation $F \rightarrow F'$ et $F' \rightarrow F$ (comme le confirme d'ailleurs la décoloration très rapide du cristal coloré de KCl sous l'effet de la lumière). Il en résulte alors un photodichroïsme *négatif* dans tout le spectre, analogue à celui que nous avions trouvé pour des colorants qui pâlissent sous l'effet de la lumière (⁶), (⁴). Enfin, comme semble l'indiquer la courbe d'extinction, une proportion considérable de centres F′ coexiste avec les centres F dans un cristal après coloration par rayons X. Or une série d'observations conduit à attribuer aux centres F′ un dichroïsme plus important qu'aux centres F. Il se trouve alors que le photodichroïsme dû à la décoloration des centres F′ prédomine et déplace le maximum de la courbe de photodichroïsme vers les grandes longueurs d'onde par rapport à la courbe d'extinction. Les effets dus aux transformations $F \rightarrow F'$ et $F' \rightarrow F$ sont probablement masqués par les effets plus importants que nous venons de décrire.

RAYONS X. — *Les spectres* K *d'absorption des éléments de numéros atomiques* 72 (Ct), 73 (Ta), 74 (W), 75 (Re), 76 (Os) et 77 (Ir). Note (¹) de

M^lle **Ioana Manescu.**

Les spectres L d'émission et d'absorption des éléments de numéro atomique supérieur à 70 inclusivement, ont fait l'objet, récemment, au Laboratoire de Chimie physique de Paris, de mesures systématiques, avec la précision que permettent les méthodes spectroscopiques qui y ont été développées. Ces mesures ont contribué à affiner et à étendre nos connaissances sur les états énergétiques de ces atomes, non seulement quant aux niveaux profonds, mais aussi quant aux niveaux extérieurs, réticulaires ou *semi-réticulaires*.

D'autre part, les émissions K d'un grand nombre d'éléments lourds ont été réétudiées, en 1936, par E. Ingelstam (²), à l'aide de techniques semblables. Par contre, les travaux concernant les discontinuités d'absorption K, dans la même région du système périodique, étaient anciens, incomplets et peu satisfaisants. Il nous a donc semblé utile d'en reprendre systématiquement l'étude. On peut, entre autres, espérer ainsi étendre à ces grandes fréquences les possibilités d'interprétation des mécanismes atomiques qui donnent naissance aux discontinuités et structures d'absorption et font ici intervenir simultanément les états de plus hautes et de plus faibles énergies.

---

(⁵) S. Nikitine, *J. de Phys.*, 3, 1942, p. 203.
(⁶) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 973.

(¹) Séance du 24 mai 1943.
(²) *Dissertation*, Upsala, 1936.

Cette Note présente les premiers résultats numériques que j'ai obtenus et qui sont relatifs aux éléments 72 à 77 inclusivement. J'ai étudié ces éléments à l'état métallique, sauf le celtium (72), qui était sous forme d'oxyde. Les écrans absorbants étaient, pour Ta et W, des feuilles laminées de $0^{mm},1$ d'épaisseur; j'ai essayé également $0^{mm},05$; pour les autres substances, j'ai préparé des couches homogènes d'épaisseur équivalente, à partir de poudre très fine, maintenue entre deux fenêtres de cellophane au centre d'une ouverture convenable découpée dans une lame de mica d'épaisseur calibrée. Les densités qui m'ont donné les meilleurs contrastes sont de l'ordre de 100 à 125 mg/cm$^2$, donc très supérieures à celles que l'on calcule à partir de considérations analogues à celles de Sandstrom, à l'aide de la formule de Jonsson.

J'ai utilisé un tube à rayons X à cathode incandescente qui peut fonctionner, avec anticathode à la terre, sous 200 kV environ. J'ai travaillé, cependant, sous des tensions plus basses (100 à 125 kV), afin de ne pas exciter le fond continu de grande fréquence qui se serait superposé à la région spectrale intéressante par suite des réflexions d'ordres supérieurs et aurait diminué le contraste des clichés. J'ai d'ailleurs enregistré photographiquement les spectres d'absorption des atomes cités, à l'aide d'un spectrographe à mica courbé épais, de $40^{cm}$ de diamètre, en utilisant la réflexion (402); la dispersion est alors de 6 u. x./mm environ. Le fond continu de fréquence à peu près deux fois plus petite, réfléchi en premier ordre, était presque complètement éliminé grâce à une filtration préable du rayonnement incident à sa sortie du tube, à travers une feuille de $0^{mm},05$ d'étain; ce filtre affaiblit fort peu le rayonnement intéressant. L'émission du fond continu était due à un dépôt électrolytique épais d'or sur anticathode massive de cuivre, sauf dans le cas du 72, pour lequel j'ai employé une anticathode de W massive. Les mesures de longueurs d'onde ont été faites par rapport aux raies d'émission de l'or ou du W ainsi enregistrées simultanément, en admettant les valeurs de Ingelstam pour $K\alpha_1$, $\alpha_2$ et $\beta_1$; les contrôles et recoupements que j'ai pu faire confirment d'ailleurs la précision des données publiées par cet auteur. J'ai effectué de très nombreux pointages sur originaux et sur les points d'inflexion des courbes microphotométriques. J'ai pris de grandes précautions pour me mettre à l'abri des voiles par diffusion ou réflexions parasites, ce qui est particulièrement important et délicat dans ce domaine de grande fréquence; mes clichés sont clairs et les mesures sur les raies, qui sont très fines, sont excellentes; en ce qui concerne le pointage des discontinuités, on est gêné par des structures serrées qui les accompagnent d'un côté et de l'autre, dont je ne puis donner ici l'analyse. Je crois, cependant, que, dans le cadre des conventions actuelles quant à la localisation de la discontinuité, mes mesures offrent une précision de l'ordre de 0,02 à 0,03 u. x., soit environ $1(\nu/R)$. Les écarts avec les quelques valeurs antérieures atteignent, dans certains cas, presque 1 u. x.

| | λ (u. x.) mesures antérieures (³). | | | λ (u. x.) l'auteur. | ν/R l'auteur. |
|---|---|---|---|---|---|
| 72 Ct ...... | 190,1 | | | 189,43 | 4810,58 |
| 73 Ta ...... | 183,6 | | | 183,56 | 4964,42 |
| 74 W ...... | 778,06; | 178,02; | 178,22 | 178,01 | 5119,20 |
| 75 Re ...... | 173,5 | | | 172,66 | 5277,82 |
| 76 Os ...... | 168,3 | | 167,55 | 167,46 | 5441,71 |
| 77 Ir. ...... | | | 162,09 | 162,53 | 5606,77 |

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques propriétés de l'invar inoxydable.* Note de MM. **Charles Volet** et **Albert Bonhoure**, présentée par M. Albert Pérard.

On connaît, depuis les travaux de H. Masumoto, certaines propriétés remarquables des alliages fer-cobalt-chrome. Nous avons reconnu : 1° que l'alliage Fe 37, Co 54, Cr 9 %, à l'état de barre recuite et refroidie lentement, est bien un invar de dilatabilité plus basse encore que celle de l'acier-nickel invar de Ch.-Ed. Guillaume; 2° que ce métal est sensiblement inoxydable; 3° qu'il est remarquablement stable dans le temps (coefficient d'instabilité Guillaume, $1^{\mu}$, alors que celui de l'invar ordinaire est au moins de $3^{\mu}$); 4° que son coefficient élastique (module d'Young) est d'environ 18200 kg/mm². Ces qualités le recommandaient ainsi pour la construction de fils géodésiques. Or, ayant fait transformer une barre en fil de $1^{mm},65$ de diamètre, nous eûmes la surprise d'observer une augmentation considérable de la dilatabilité, qui, de $0,7.10^{-6}$, est passée à $8,2.10^{-6}$, alors que, dans l'invar au nickel, le tréfilage produit au contraire un abaissement, d'ailleurs faible (environ $1.10^{-6}$).

Les usines d'Imphy, qui ont bien voulu élaborer cet alliage pour le Bureau International des Poids et Mesures et procéder à son tréfilage, ont déterminé l'action de recuits progressifs sur la dilatabilité du métal écroui. Leurs résultats ont été confirmés et précisés par nous. On observe que la dilatabilité baisse légèrement lorsque la température de recuit augmente, puis elle se relève à $10,5.10^{-6}$, après 750°, pour s'abaisser ensuite rapidement jusque dans le voisinage de zéro pour des recuits de l'ordre de 900°. Au delà, et jusqu'à 1100°, la dilatabilité n'est plus modifiée par le recuit.

Nos mesures ont été faites sur un fil de $24^{m}$, dans un dilatomètre qui permettait de le soumettre à des tensions variables. Cette installation nous a permis de déterminer en plus, sur le même échantillon, le module d'Young et son coefficient thermique. Partant de 16500 kg/mm² pour le fil écroui, le module augmente progressivement jusqu'à 19600 kg/mm² après recuit à 750°. Au delà, le module présente un minimum (¹) (E = 14800 kg/mm²) pour un

(³) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2 te Aufl., 1931.

(¹) Particularité ajoutée à la correction des épreuves (octobre 1943).

recuit à 800° et remonte jusque vers 17000 à 18000 kg/mm²; il est donc nettement supérieur à celui de l'invar ordinaire (15000 kg/mm²).

Quant au coefficient thermoélastique, nous avons constaté que, partant d'une valeur normale pour les métaux ferreux ($-300.10^{-6}$), il changeait de signe dans la région de l'abaissement rapide de la dilatabilité. Nous sommes par conséquent là en présence d'un métal qui, pour une température de recuit voisine de 800°, est un *élinvar*, tout en ayant une dilatabilité faible. Ce qui caractérise cet alliage par rapport aux invar et élinvar de Guillaume contenant du nickel et qui sont distincts, c'est son extrême sensibilité à l'action de l'écrouissage. Il est intéressant de noter que la forte dilatabilité de l'alliage tréfilé ne s'accompagne d'aucune anisotropie, ainsi que l'a démontré une mesure exécutée par M. M. Roux, qui a donné dans le sens transversal une dilatabilité de l'ordre de celle mentionnée ci-dessus. Notons cependant que la limite élastique de cet invar inoxydable est peu élevée; ce qui est susceptible de restreindre quelque peu ses applications; en particulier, il se prêterait difficilement à l'exécution de fils géodésiques destinés aux mesures sur le terrain.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des spectres Raman de quelques dérivés trihalogénés du méthane.* Note de M^lle^ **MARIE-LOUISE DELWAULLE**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai étudié les spectres Raman de $CHFCl^2$, CHFClBr, $CHFBr^2$. Ces spectres ont déjà été déterminés [1], et Lecomte [2], dans un travail d'ensemble sur les dérivés du méthane a tenté un classement des fréquences. Des incertitudes subsistaient cependant : la théorie prévoit neuf raies pour chacun des spectres; or certains sont incomplets, pour d'autres le nombre des raies est supérieur à neuf. Enfin et surtout l'étude de la dépolarisation des raies n'est pas faite. J'ai donc repris la question.

Les produits, préparés au laboratoire, ont été soigneusement purifiés. J'ai pu, grâce à des temps de pose convenables, obtenir toujours les neufs raies prévues; j'ai, d'autre part, expliqué les raies surnuméraires qui sont, soit des raies de combinaison, soit des raies fondamentales résultant d'une autre radiation excitatrice.

I. SPECTRE DE $CHFCl^2$. — Bradley n'observe que huit raies et il pense que parmi elles 1065 $cm^{-1}$ est une raie de combinaison. Lecomte pense de même.

Le spectre obtenu avec un spectrographe à trois prismes présente dix raies au lieu de neuf, car la plus intense $\nu_1$ est un doublet. La raie 1065 $cm^{-1}$ doit

---

(1) C. A. BRADLEY Jr., *Phys. Rev.*, 2^e^ série, **40**, 1932, p. 408; G. GLOCKER et G. R. LEADER, *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 125; G. GLOCKER et J. H. BACHMAN, *Phys. Rev.*, 2^e^ série, **54**, 1938, p. 970.

(2) *Ann. Phys.*, 11^e^ série, **15**, 1941, p. 258.

être conservée, car elle caractérise la liaison C—F [3]. 1248 $cm^{-1}$ n'a pas été vue par Bradley : il utilisait à la fois comme excitatrices les radiations 4046 Å et 4358 Å du Hg. Dans ces conditions, la fréquence 3019 $cm^{-1}$ très forte, excitée par 4046 Å, couvrait la fréquence 1248 $cm^{-1}$ excitée par 4358 Å.

II. Spectre de CHFClBr. — Le cliché comporte onze raies. Lecomte en choisit neuf. Je rectifie son choix en ce qui concerne l'une des raies. La raie la plus intense est un doublet. La raie 1062 $cm^{-1}$ qui avait été supprimée doit être conservée puisqu'elle caractérise la liaison C—F. Au contraire, 735 $cm^{-1}$, très faible, est une raie de combinaison.

III. Spectre de $CHFBr^2$. — Glockler et Bachman signalent neuf raies. Lecomte en élimine trois; je fais de même, mais j'en pointe trois nouvelles. 93 $cm^{-1}$ n'apparaît sur aucun de mes clichés, 559 $cm^{-1}$ est en réalité la raie très forte 619 $cm^{-1}$ excitée par la deuxième raie du triplet indigo. 3058 $cm^{-1}$, considérée comme excitée par la 4046 Å, est en réalité 1293 $cm^{-1}$ excitée par 4358 Å. Parmi les trois nouvelles raies pointées se trouve 1063 $cm^{-1}$ caractérisant la liaison C—F.

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessous peuvent être interprétés comme suit :

Fréquences en $cm^{-1}$ (modes de vibration).

| | | $\delta_1$. | $\delta_2$. | $\delta_3$. | $\nu_1$. | $\nu_2$. | $\nu_3$. | $\delta_4$. | $\delta_5$. | $\nu_4$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CHFCl^2$ | | 277 F | 366 M | 458 F | 728 F 738 F | 796 f | 1067 f | 1248 f | 1310 M | 3018 F |
| | ρ... | 0,33 | 0,75 | 0,1 | 0,04 0,04 | 0,75 | 0,5 | 0,75 | 0,4 | pol. |
| CHFClBr | | 227 F | 313 F | 425 F | 648,5 F 658 F | 775 M | 1064 f | 1206 M | 1301 M | 3017 F |
| | ρ... | 0,4 | 0,5 | 0,25 | 0,2 0,2 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | pol. |
| $CHFBr^2$ | | 172 F | 296 M | 359 F | 620 F | 704 M | 1063 f | 1171 f | 1295 M | 3015 F |
| | ρ... | 0,53 | 6/7 | 0,30 | 0,2 | 6/7 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | pol. |
| $CF^2Br^2$ | | 165 F | 281 M | 330 M | 340 F | 367 f | 623 F | 816 M | 1077 M | 1143 f |
| | ρ... | 0,4 | 0,4 | dépol. | 0,1 | dépol. | 0,03 | dépol. | 0,3 | dépol. |
| | | $\delta_1$. | $\delta_2$. | $\delta_4$. | $\delta_3$. | $\delta_5$. | $\nu_1$. | $\nu_2$. | $\nu_4$. | $\nu_3$. |

*a. Les molécules étudiées se ramènent à deux types :* 1° $CHFCl^2$ et $CHFBr^2$, type $AX^2YZ$. — La théorie prévoit pour leur spectre neuf raies : six polarisées et trois dépolarisées. Dans le modèle plus symétrique $AX^2Y^2$ ($CF^2Br^2$) qui a lui aussi neuf raies, deux couples de fréquences, $\nu_2$ et $\nu_3$ d'une part, et $\delta_4$ et $\delta_5$ d'autre part, sont tels que l'on passe de l'une des raies à l'autre par le changement de X en Y. Ces raies ont donc deux à deux les mêmes caractères : elles sont toutes les quatre dépolarisées. Cette symétrie entre X et Y n'existe plus dans $AX^2YZ$ : l'une des raies de chaque couple devient polarisée, et c'est celle qui correspond à un mouvement où Y et Z interviennent.

(3) M. L. Delwaulle et François, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 828.

L'étude des spectres de $CHFCl^2$ et de $CHFBr^2$ illustre parfaitement cette théorie. Ils comportent neuf raies dont six polarisées. L'une des raies $\nu_2$, $\nu_3$ est polarisée et c'est $\nu_3$ (1063-1067 $cm^{-1}$), caractérisant la liaison C—F. L'une des deux raies $\delta_4$ et $\delta_5$ est aussi polarisée.

2° CHFClBr, type AXYZT. — Pour une telle molécule dépourvue d'élément de symétrie, toutes les raies sont polarisées. On peut cependant, grâce aux variations du facteur de dépolarisation, suivre chaque raie quand on passe de $CHFCl^2$ à CHFClBr.

*b. Dédoublement de la raie* $\nu_1$ *dans les spectres de* $CHFCl^2$ *et* CHFClBr. — Ce dédoublement est corrélatif du fait que $\nu_1$ est peu différent de $\delta_1 + \delta_3$. On ne l'observe pas dans les cas de $CHFBr^2$, $CHClBr^2$, $CHCl^2Br$ qui ne présentent pas cette coïncidence. Ces résultats confirment la théorie de Fermi sur le dédoublement par résonance. L'anharmonicité des vibrations intramoléculaires donne lieu à un couplage particulièrement fort si une fréquence fondamentale $\nu_1$ est voisine d'une fréquence de combinaison, comme $\delta_1 + \delta_3$; on observe, dans ce cas, deux raies d'intensités comparables de part et d'autre de la position qu'occuperait la raie non perturbée $\nu_1$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Le rayon de l'ion* $H^+$ *et la constitution des acides halogénés.* Note [1] de M. **Henri Triché**.

Nous avons indiqué [2] la possibilité de calculer approximativement les rayons des ions, connaissant les parachors de quelques composés d'une même famille et un certain nombre de rayons ioniques.

Nous avons appliqué cette méthode aux acides halogénés; l'interprétation des résultats est, dans ce cas, plus délicate à cause de l'absence d'atmosphère électronique dans l'ion $H^+$. Les parachors des acides halogénés étant connus, ClH : 67,8; BrH : 81,4; IH : 105,3, ainsi que les rayons des ions des halogènes Cl : 1,81 Å; Br : 1,96 Å; I : 2,20 Å, on peut calculer le rayon de l'ion $H^+$

$$\frac{67,8}{x^3+(1,81)^3} = \frac{81,4}{x^3+(1,96)^3} = \frac{105,3}{x^3+(2,20)^3} = P_s,$$

$P_s$ étant le *parachor spécifique* de la famille. Au moyen des parachors de ClH et BrH, on obtient $x^3 = 2,04$, $x = 1,27$ Å, $P_s = 8,5$, et au moyen des parachor de BrH et IH, on obtient $x^3 = 3,1$, $x = 1,46$ Å, $P_s = 7,6$.

L'ion $H^+$ n'ayant pas d'électrons, on admet qu'il se rapproche d'un ion négatif sans subir de répulsion et qu'il pénètre à l'intérieur de cet ion. Il occupe alors une position d'équilibre déterminée par la répulsion entre les deux noyaux [3].

---

[1] Séance du 24 mai 1943.

[2] *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 641.

[3] Van Arkel et de Boer, *La valence et l'électrostatique*, Paris, p. 39.

Le volume réel d'une molécule étant la somme des volumes réels des deux ions, on en déduit que l'ion halogène s'est dilaté d'un volume égal à la partie de l'ion $H^+$ qui s'est introduite à l'intérieur de cet ion.

On est donc amené à conclure que l'ion $H^+$ n'est pas très petit, mais de l'ordre de 1,3 à 1,5 Å et que l'ion $H^+$ pénètre à l'intérieur de la molécule HCl. Or on connaît la distance $d$ de l'ion $H^+$ à l'ion halogène, par l'examen des moments d'inertie des molécules ([4]). Pour HCl, $d = 1,26$ Å, pour HBr, $d = 1,407$ Å. On voit que ces distances sont sensiblement du même ordre que les valeurs du rayon de l'ion $H^+$. On en conclut que pour l'ion $H^+$, l'ion halogène joue le rôle d'un ion à rayon très faible.

*Conséquences.* — 1° La valeur relativement grande du rayon de l'ion $H^+$, de l'ordre de celles des ions alcalins entraîne un *volume moléculaire* relativement élevé de l'ordre de ceux des halogénures alcalins. (Volumes apparents à l'état solide définis par le rapport de la masse moléculaire à la densité HCl : 24,6; NaCl : 27; LiCl : 20.) 2° Le volume moléculaire élevé est considéré comme un argument en faveur de la cristallisation en un *réseau moléculaire*; mais il semble bien que la formation de ce réseau soit expliquée par la forme particulière de la molécule HCl (l'ion $H^+$ partiellement noyé dans l'ion halogène dilaté) dont l'ensemble est neutre. 3° On a étudié ([5]) les acides hologénés solides aux rayons X. La *maille* contient 4 molécules et a le volume suivant : pour HCl $162.10^{-24}$ et $154,7.10^{-24}$ cm³, pour HBr $192.10^{-24}$ et $190.10^{-24}$ cm³ suivant la température. Les parachors de HCl et HBr permettent de calculer $\Sigma r^3$ ($r$ rayon d'un ion). Pour HCl, $\Sigma r^3 = 7,97$, pour HBr, $\Sigma r^3 = 7,57$ ou 10,63, suivant que le calcul a été fait à partir des parachors de HCl et HBr ou HBr et HI. Le volume réel de 4 molécules HCl est donc $135,50.10^{-24}$ cm³ et celui de 4 molécules de HBr est 178,05 ou 160,30, suivant la valeur adoptée pour $\Sigma r^3$. On vérifie ainsi que les volumes réels des molécules dans la maille sont inférieurs aux volumes correspondants des mailles. 4° La structure indiquée pour la molécule HCl explique bien la faible *conductibilité électrique* de HCl pur. 5° La dilatation de l'ion halogène par l'ion $H^+$ est à comparer aux résultats trouvés au moyen des *réfractions moléculaires*. On sait en effet que les orbites électroniques des ions halogènes sont déformés par l'ion $H^+$ et que l'on avait déjà été conduit à admettre que cet ion, formé par un noyau, reste dans l'enveloppe électronique.

*Conclusion.* — Dans les acides halogénés, l'ion halogène se comporte comme un anion de rayon très petit vis-à-vis de l'ion $H^+$, mais en réalité il se dilate d'un volume égal à la partie de l'ion $H^+$ qu'il renferme. L'ion $H^+$ a un rayon légèrement variable. Le rayon *moyen* dans les acides H Cl et H Br est de 1,27 Å; il est de 1,46 Å dans les acides HBr et HI. Ce rayon est approximativement

---

([4]) VAN ARKEL et DE BOER, *op. cit.*, p. 111.

([5]) G. NATTA, *Gazz. chim. ital.*, **63**, 1933, pp. 425-439.

égal à la distance des deux noyaux. Bien que le rayon de l'ion $H^+$ ait toujours été considéré comme très petit, la valeur trouvée ne paraît pas en contradiction avec les autres résultats connus. Elle les confirme ou les explique.

*Remarque.* — Les considérations précédentes ont été appliquées aux dérivés $NH^3$, $PH^3$, $A_sH^3$. En utilisant les rayons ioniques de Pauling, nous avons trouvé pour rayon de l'ion $H^+$, 1,44 Å et 1,56 Å.

MÉTALLURGIE. — *Sur certaines déformations initiales de fluage.* Note [1] de M. **Jean de Lacombe**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons montré antérieurement [2] que la formule

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + at^m + bt^n \tag{1}$$

représente avec exactitude les courbes de fluage de longue durée, et que les coefficients peuvent en être calculés sans faire d'observations au temps zéro. En extrapolant vers l'origine la courbe ainsi calculée, et en la comparant au début de la courbe expérimentale enregistrée avec une vitesse suffisamment élevée, on observe parfois des divergences appréciables [3]. Ceci se produit lorsque le calcul a conduit pour $\varepsilon_0$ à une valeur supérieure à la déformation étastique $\varepsilon_e$ (déduite de la connaissance du module). Pour obtenir une représentation algébrique entièrement rigoureuse, il faut alors écrire

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p + at^m + bt^n. \tag{2}$$

Dans cette expression, $\varepsilon_p$ est une fonction du temps qui, à la différence des

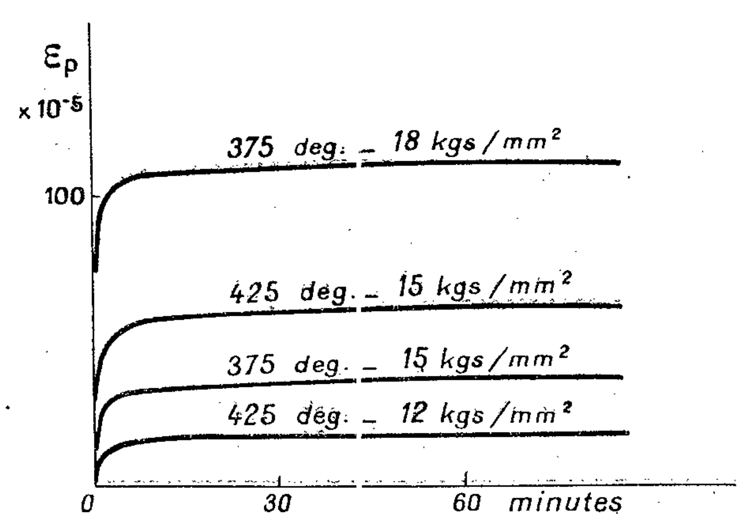



Fig. 1.

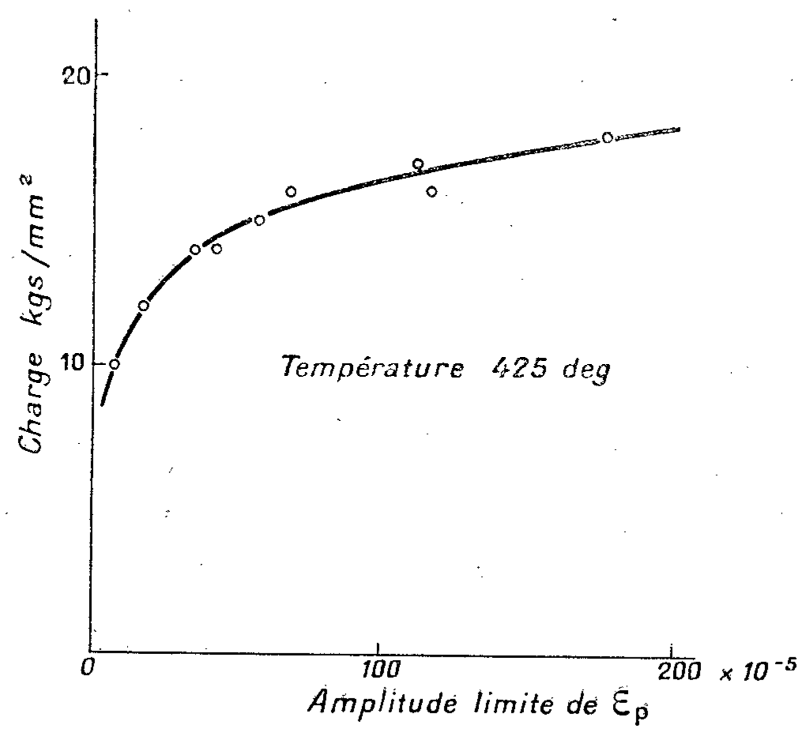



Fig. 2.

termes paraboliques, tend rapidement vers une limite. A partir du moment où cette limite est pratiquement atteinte, la somme $\varepsilon_e + \varepsilon_p$ devient constante, et l'on est ramené au cas de l'équation (1).

---

(1) Séance du 5 avril 1943.

(2) *Rev. Mét.*, 36, 1939, p. 178; *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 271.

(3) *Rev. Mét.*, 39, 1942, p. 105.

Nous avons étudié successivement l'influence du temps, de la charge et de la température sur le terme $\varepsilon_p$ dans le cas d'un acier au carbone mi-dur recuit qui se prête particulièrement bien à cette étude vers 350-450°.

*a*. Le terme $\varepsilon_p$ correspond à une vitesse initiale de fluage très élevée (10000 à 100000 fois par exemple la vitesse 25-35 heures). Il est ensuite fortement ralenti, et atteint son asymptote en 30 minutes environ (*fig*. 1).

*b*. La charge fait croître rapidement *l'amplitude limite* de $\varepsilon_p$ (*fig*. 2). Elle a en même temps une action comparable sur le terme parabolique. En portant en fonction de la vitesse 25-35 heures l'amplitude limite de $\varepsilon_p$ par exemple (*fig*. 3), on obtient sensiblement des droites.

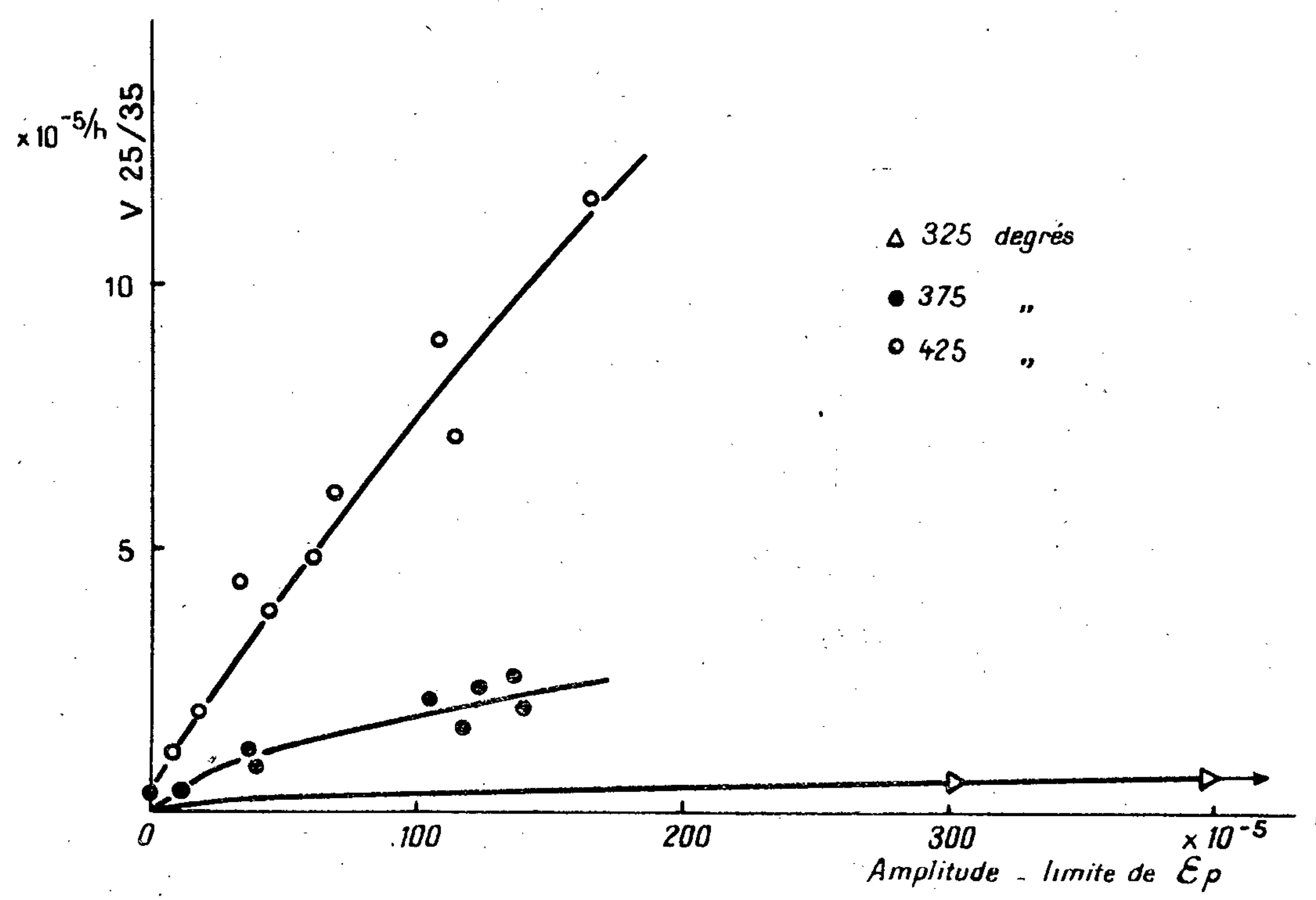



Fig. 3.

*c*. *L'amplitude limite* de $\varepsilon_p$ sous une charge déterminée augmente avec la température, mais beaucoup moins vite que le terme parabolique. On voit (*fig*. 3) qu'au cours des essais à chaud usuels, où les charges sont choisies pour réaliser une même vitesse 25-35 heures, $\varepsilon_p$ sera d'autant plus important que la température sera plus basse.

La grande vitesse initiale de la fonction $\varepsilon_p$ permet de distinguer dans l'essai deux périodes successives : dans les premiers instants, le terme parabolique $at^m$ est négligeable, et le fluage est entièrement constitué par $\varepsilon_p$. Au delà de 30 minutes environ, $\varepsilon_p$ a atteint son asymptote, et le fluage est purement parabolique. Ces circonstances sont favorables pour étudier si cette distinction algébrique correspond à des différences physiques dans le processus de déformation. Des résultats concluants ont été obtenus par l'examen de la réactivité après décharge. Le fluage $\varepsilon_p$ n'est suivi d'aucune réactivité en fonction du temps; celle-ci apparaît et augmente au contraire régulièrement au fur et à mesure du développement du terme parabolique. Par exemple, après un

fluage de $130.10^{-5}$ obtenu par action d'une charge de 18 kg/mm² pendant 4 secondes à 425°, la réactivité est inférieure à $2.10^{-5}$, alors qu'elle atteint $20.10^{-5}$ si le même fluage a été obtenu sous 14,5 kg/mm² en 70 heures.

Avec ce métal le fluage comprend donc au moins deux types de déformation dont l'un entraîne une réactivité en fonction du temps et l'autre non, et la méthode de calcul indiquée leur fait correspondre deux termes algébriques différents.

Il faut s'attendre à ce que ces deux types de déformation correspondent à des modifications de structure et conduisent à des modes de rupture différents.

Enfin il doit pouvoir arriver que, pour d'autres métaux, le fluage atteigne son asymptote dans des durées beaucoup plus courtes ou beaucoup plus longues. La méthode précédente ne serait alors plus suffisante pour son étude.

CRYPTOGAMIE. — *Sur la culture indéfinie du gamétophyte de* Nephrolepis cordifolia. Note [1] de M^me^ **Germaine Hurel-Py**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Il y a trois ans nous avons isolé, par hasard, un prothalle de Fougère que nous avons pu cultiver aseptiquement. Ce prothalle a proliféré en donnant naissance à d'autres prothalles qui sont demeurés associés, formant ainsi une colonie de forme sphérique. Grâce à des repiquages réguliers sur des milieux convenables, nous avons pu entretenir cette prolifération sans qu'il se forme de sporophytes, et c'est pourquoi nous avons pu affirmer avoir réussi la culture indéfinie du gamétophyte des Fougères, alors que ce gamétophyte, dans les conditions naturelles, ne possède qu'une existence transitoire. Sur certains milieux, ou en laissant les colonies vieillir sans les repiquer, nous avons pu observer la formation de sporophytes, qui n'entravent pas du reste la prolifération des gamétophytes, mais qui nous ont permis d'identifier, par leur aspect, le genre de la Fougère dont nous avons, par hasard, obtenu le prothalle. Il s'agit d'un *Asplenium*.

Il nous a paru intéressant de préciser si cette culture indéfinie de gamétophyte était vraiment accidentelle ou si, au contraire, elle pourrait être obtenue de nouveau, dans des conditions expérimentales précises, sur d'autres Fougères. Nous avons à cet effet stérilisé des frondes fructifères de *Nephrolepis cordifolia*, puis prélevé aseptiquement les spores que nous avons ensemencées sur de la solution de Knop diluée de moitié, additionnée de 2 % de glucose et solidifiée par 1,2 % de gélose.

La germination des spores fut très lente et ne se manifesta qu'au bout de trois mois; on vit alors apparaître, à la surface de la gélose, quelques minces filaments verts correspondant aux jeunes prothalles qui s'épaissirent, puis se

(1) Séance du 24 mai 1943.

multiplièrent pour donner de nombreux prothalles demeurant associés en petites colonies vertes. Celles-ci furent alors transportées sur un nouveau milieu. Une colonie, particulièrement volumineuse, fut même partagée en trois parties repiquées dans trois tubes différents. Certaines colonies supportèrent mal ce transfert et moururent. Cependant quelques-unes se mirent à proliférer activement et donnèrent de petites sphères bien vertes composées, comme celles d'*Asplenium*, par de nombreux prothalles demeurant associés. Ces colonies prothalliennes sont tout à fait semblables à celles d'*Asplenium* précédemment obtenues. Une fois repiquées, elles paraissent croître sensiblement à la même vitesse que ces dernières. Elles sont très vertes, très vigoureuses, et il y a tout lieu de supposer maintenant que la culture indéfinie du gamétophyte de *Nephrolepis*, comme celle d'*Asplenium*, pourra donc être réalisée.

Les colonies prothalliennes de *Nephrolepis* n'ont pas encore produit de sporophytes, bien que les cultures datent déjà de 10 mois, mais le milieu qui a servi à les isoler, puis à les cultiver, n'est pas favorable à la formation de ceux-ci.

Nous avons essayé d'étendre ces résultats à d'autres espèces de Fougères (*Blechnum occidentale*, *Gymnogramme sulfureum*, *Doodia caudata* etc.). Des difficultés d'ordre technique (défaut d'asepsie, dessiccation du milieu) nous ont empêché de réussir jusqu'ici, mais les résultats que nous avons obtenus nous permettent de penser que la culture indéfinie des gamétophytes de Filicinées n'est pas une exception, mais au contraire peut s'appliquer à de nombreuses espèces de Filicinées.

MYCOLOGIE. — *Essais de production de la truffe à partir des cultures pures de son mycélium.* Note de M. **Jean Chaze**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

On sait combien est empirique, à l'heure actuelle, la culture artificielle de la truffe; elle consiste à semer des glands provenant de chênes producteurs. On assure ensuite à l'arbre un certain nombre de soins culturaux variant suivant les terroirs. Ce procédé est connu sous le nom de culture indirecte et il est identique à celui qui fut utilisé pour la première fois en 1850 par Rousseau lorsqu'il créa les premières truffières artificielles dans la région de Carpentras. Les résultats obtenus dans la plantation sont très irréguliers et un pourcentage (parfois important) de chênes demeure stérile, l'infection des racines par le mycélium truffier végétant dans le sol ne s'étant pas produite.

La culture directe par ensemencement d'un broyat de tubercules au niveau des racines a donné lieu de tout temps à de nombreux essais. Depuis Buffon, savants et trufficulteurs ont essayé en vain de confier au sol une semence, qui n'a jamais accru le rendement d'une façon certaine. Nous pensons que la

raison de ces échecs doit être recherchée dans le mode de multiplication de ce champignon, laquelle, en culture pure, n'est assurée que par bouturage du mycélium, la germination de l'ascospore n'ayant jamais pu être constatée. On sait, d'autre part, qu'après sa maturation, le tubercule ne tarde pas à être envahi par une flore bactérienne qui en provoque la désagrégation et la pourriture; le même sort doit être réservé au broyat de tubercules destiné à la propagation de l'espèce. Pour ces deux raisons, et en utilisant la méthode que nous venons de citer, il apparaît très vraisemblable que le développement *princeps* déjà difficile *in vitro* s'avère impossible dans les conditions naturelles. Les cultures pures ne présentent pas les mêmes inconvénients; elles se multiplient facilement dans les milieux organiques les plus divers, et il nous a été possible, en assurant leur nutrition, de les conserver plusieurs mois dans de la terre argilo-calcaire non stérilisée.

C'est vers 1900 que Boulanger essaya un procédé différent, qui consistait à enfouir dans le sol, au pied des Chênes, des cultures mycéliennes obtenues à partir des fragments aseptisés de tubercules.

La pureté spécifique des cultures de Boulanger fut mise en doute vers la même époque par Matruchot; elle l'a été à nouveau par Malencon, qui écrit à leur sujet : « Il (Boulanger) ne paraît malheureusement pas avoir effectué les ensemencements princeps *in vitro* avec la rigueur d'aseptie désirable. »

Il est toutefois certain que Boulanger récolta des truffes au niveau des 5000 places truffières qu'il avait créées dans les bois d'Étampes, et que par le même procédé la production des truffières Latour à Suze-la-Rousse accusa une certaine augmentation; tous les espoirs étaient alors permis, mais, au bout de 2 ou 3 ans, la production cessa à Étampes et redevint normale dans la truffière de la Drôme.

Nous pensons qu'il faut surtout attribuer les échecs partiels de Boulanger au mode d'utilisation de ses cultures. L'infection avait lieu par place et ne pouvait intéresser qu'une faible partie d'un appareil radiculaire extrêmement développé, puisqu'il se rapportait à des chênes adultes. Dans de telles conditions le parasitisme était difficilement transmissible, et par voie de conséquence la production ne pouvait ni se maintenir ni se généraliser. La méthode que nous avons mise en œuvre et dont nous préconisons l'extension est la suivante : En partant de cultures spécifiquement pures que nous avons obtenues en 1939 avec la collaboration de Mestas ([1]), cultures que nous entretenons depuis dans notre laboratoire, nous enfouissons, *au moment du repiquage*, un mélange de mycélium et de produits organiques au niveau des jeunes racines. Après la reprise et dès qu'un nouvel appareil radiculaire apparaît, il est envahi par le mycélium truffier qui se transmet alors de proche en proche sans difficulté, les conditions externes favorables à son accroissement étant réalisées.

---

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2099.

L'efficacité de cette méthode ne peut être établie dès maintenant d'une manière tangible, les preuves convaincantes ne pourront être apportées avant de nombreuses années. Nous tenons toutefois à signaler les observations suivantes qui laissent bien augurer du résultat final. Quelques mois après le repiquage, toutes les racines de Chênes infectés étaient très ramifiées, présentaient un aspect coralloïde avec renflement sub-terminal et elles étaient envahies par un mycélium les entourant d'une gaine, aspects en tous points comparables à ceux des Chênes producteurs. Par suite d'une infection trop massive, l'envahissement mycélien avait provoqué le desséchement et la mort de certains sujets. La maladie chronique devant aboutir à la production truffière s'était transformée en maladie mortelle.

Ces résultats nous ont engagé à prévoir le perfectionnement de la technique précédente de la façon suivante : Les glands mis à germer dans du sable humide seront dépivotés dès l'apparition de la racine principale, et ensuite placés en pépinière dans un sol propice où sera enfoui un mélange de mycélium et de milieu nutritif. L'infection se produira alors plus hâtivement; il sera fait une économie importante de mycélium et les soins culturaux pourront être assurés facilement jusqu'au repiquage.

Les pépinières de Chênes créées suivant ces nouvelles données permettront non seulement d'apporter un renouveau dans les régions de production, mais aussi d'étendre cette culture à de nombreux terroirs correspondant à des horizons géologiques favorables. D'autres moyens sont à envisager en vue d'améliorer la production actuelle.

PHYSIOLOGIE — *Action comparée du gluconate et du chlorure de calcium sur l'excitabilité neuromusculaire*. Note de M. **Paul Chauchard**, M^me^ **Henriette Mazoué** et M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'injection intraveineuse de gluconate de calcium entraîne, chez le lapin, une augmentation lente, progressive et durable de la réserve alcaline qui atteint son maximum entre la 24^e^ et la 48^e^ heure ; le chlorure de calcium possède, dans les mêmes conditions, des effets acidosiques (1). Nous nous sommes proposé de rechercher sur l'animal non anesthésié les modifications d'excitabilité des nerfs et des muscles survenant après injection de gluconate ou de chlorure de calcium. Ces mesures furent effectuées avec notre technique chronaximétrique habituelle, depuis les premiers instants suivant l'injection et jusqu'à la fin de l'évolution qui se traduit par le retour à la normale plusieurs heures après. On pouvait se demander si les variations d'excitabilité neuromusculaire se trouveraient commandées par la présence de l'ion calcium, dont l'action nerveuse dépressive bien connue a été antérieurement étudiée par la

(1) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 314.

technique chronaximétrique ([2]) ou seraient sous la dépendance des modifications de la réserve alcaline, l'alcalose comme l'acidose entraînant des changements caractéristiques des chronaxies ([3]).

Les injections furent pratiquées chez le lapin, dans la veine marginale de l'oreille, à raison de $10^{cm^3}$ d'une solution de gluconate de calcium à 10 % ou de $5^{cm^3}$ d'une solution de chlorure de calcium également à 10 %. Parallèlement, nous avons pratiqué des injections sous-cutanées de $1^{cm^3}$ de ces mêmes dilutions à des cobayes ou à des rats. Les phénomènes observés sur ces animaux furent du même ordre, mais plus fugaces. Nous avons noté l'existence de deux phases successives :

1° Dans les minutes qui suivent l'injection, il y a, avec les deux sels, augmentation des chronaxies nerveuses et musculaires, et, par conséquent, action dépressive. La modification des chronaxies nerveuses observée n'est pas l'indice d'une atteinte directe du nerf, car elle disparaît par séparation de celui-ci et des centres : la chronaxie dite de constitution, obtenue alors, est normale. Elle traduit le retentissement (subordination de Lapicque) sur le nerf d'un état dépressif encéphalomédullaire. Cette phase, d'après les recherches antérieures de P. Chauchard et Léger, doit être attribuée à l'augmentation de la teneur du sang en ion calcium.

2° On voit ensuite s'installer une seconde phase qui, elle, diffère suivant le sel de calcium injecté. Avec le chlorure, les chronaxies nerveuses reviennent à leur valeur normale, non pas définitivement, comme P. Chauchard et Léger l'avaient pensé après leurs recherches sur le chien, mais transitoirement : elles s'abaissent ensuite à un niveau très inférieur, signe d'excitation nerveuse ([4]). Cet état d'excitation porte, non seulement sur les centres, mais sur le nerf lui-même dont la chronaxie de constitution est diminuée. Par contre, les chronaxies musculaires restent augmentées. Ce tableau chronaxique est comparable à celui de l'acidose, tel qu'on l'observe aussitôt après injection de chlorure d'ammonium ou ingestion d'acides. Il se maintient plus longtemps que la première phase et, dans le cas de l'injection intraveineuse au lapin, l'évolution chronaxique jusqu'au retour à la normale est calquée sur celle de la baisse de la réserve alcaline. A l'action hypercalcémiante du chlorure de calcium sur le système neuromusculaire, fait donc suite un effet d'acidose prolongé. L'effet hypercalcémiant doit être d'ailleurs fugace, puisque à la 4e heure qui suit l'injection, R. Lecoq a, au contraire, noté une chute de la calcémie au-dessous de la normale. Cette baisse peut contribuer à l'exci-

---

([2]) P. Chauchard et L. Léger, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 961; P. Chauchard, *Rev. Scient.*, **79**, 1941, p. 637.

([3]) B. et P. Chauchard, H. Mazoué et R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 264.

([4]) Dans le cas des décalcifiants (oxalate, citrate), il y aurait également, après la première phase d'excitation hypocalcémique, une seconde phase dépressive d'ordre alcalosique.

tation des centres nerveux par l'acidose, puisque l'hypocalcémie excite les centres ; par contre, sur les muscles où son action serait excitante, elle est entièrement masquée par l'effet dépresseur acidosique.

Avec le gluconate de calcium, la seconde phase est inverse de celle qui s'observe avec le chlorure. Les chronaxies nerveuses restent augmentées, mais ce n'est plus par action hypercalcémiante, car, si le cerveau reste déprimé, la moelle est excitée et le nerf lui-même déprimé (chronaxie de constitution élevée). Les chronaxies musculaires retombent à la normale et s'abaissent très au-dessous. Ainsi se réalise le tableau typique de l'alcalose, comme d'emblée sous l'effet du bicarbonate de sodium. La durée de l'évolution est analogue à celle de la montée de la réserve alcaline, par conséquent bien plus durable que celle qui est obtenue avec le bicarbonate de sodium ([5]). Le gluconate, après une courte phase purement hypercalcémique, possède donc une phase alcalosique prolongée, pendant laquelle l'hypercalcémie subsiste, mais où l'alcalose l'emporte, ainsi que le montre plus spécialement la diminution de chronaxie des muscles.

*Conclusions.* — Nos mesures chronaximétriques établissent que, chez le lapin, gluconate et chlorure de calcium injectés par voie veineuse se comportent différemment ; après une phase d'hypercalcémie, l'un se montre générateur d'alcalose, l'autre d'acidose, en conformité avec les variations de la réserve alcaline. Des résultats analogues, mais plus fugaces, s'observent chez le rat et le cobaye, après injection hypodermique des mêmes solutions. Gluconate et chlorure de calcium ne sauraient donc être considérés comme des sources de calcium ayant des propriétés thérapeutiques comparables.

Ajoutons que, chez l'Homme, dans les syndromes de tétanie ou inversement d'hyperparathyroïdie, les chronaxies nerveuses observées doivent être attribuées, d'après leur sens, non aux variations de la calcémie, mais à celles de la réserve alcaline.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Scheuchzériacées. Développement de l'embryon chez le* Triglochin maritimum L. Note ([1]) de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les observations de Hill ([2]) sur l'embryon du *Triglochin maritimum* sont incomplètes, en ce sens surtout qu'elles ne montrent pas la part que prennent les premiers blastomères à la construction de telle ou telle région de la plante. Schnarf ([3]), en 1925, a seulement envisagé le développement de l'albumen ; il a reproduit, à cette occasion, quelques figures de l'embryon, qui constituent d'utiles indications.

---

([5]) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1513.

([1]) Séance du 5 avril 1943.

([2]) T. G. Hill, *Ann. of Bot.*, 14, 1900, p. 83.

([3]) K. Schnarf, *Œsterreich. bot. Zeitsch.*, 74, 1925, p. 40.

La cellule basale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se différencie en une grosse vésicule haustoriale et ne participe nullement à la construction de l'embryon. Les figures 2, 3, 4, puis 5 à 10, montrent comment, aux dépens de la cellule apicale, se développent une tétrade en T d'abord, ensuite un proembryon octocellulaire à 4 étages, comportant, au sommet, 4 quadrants disposés dans un plan horizontal. Après une nouvelle série de bipar-

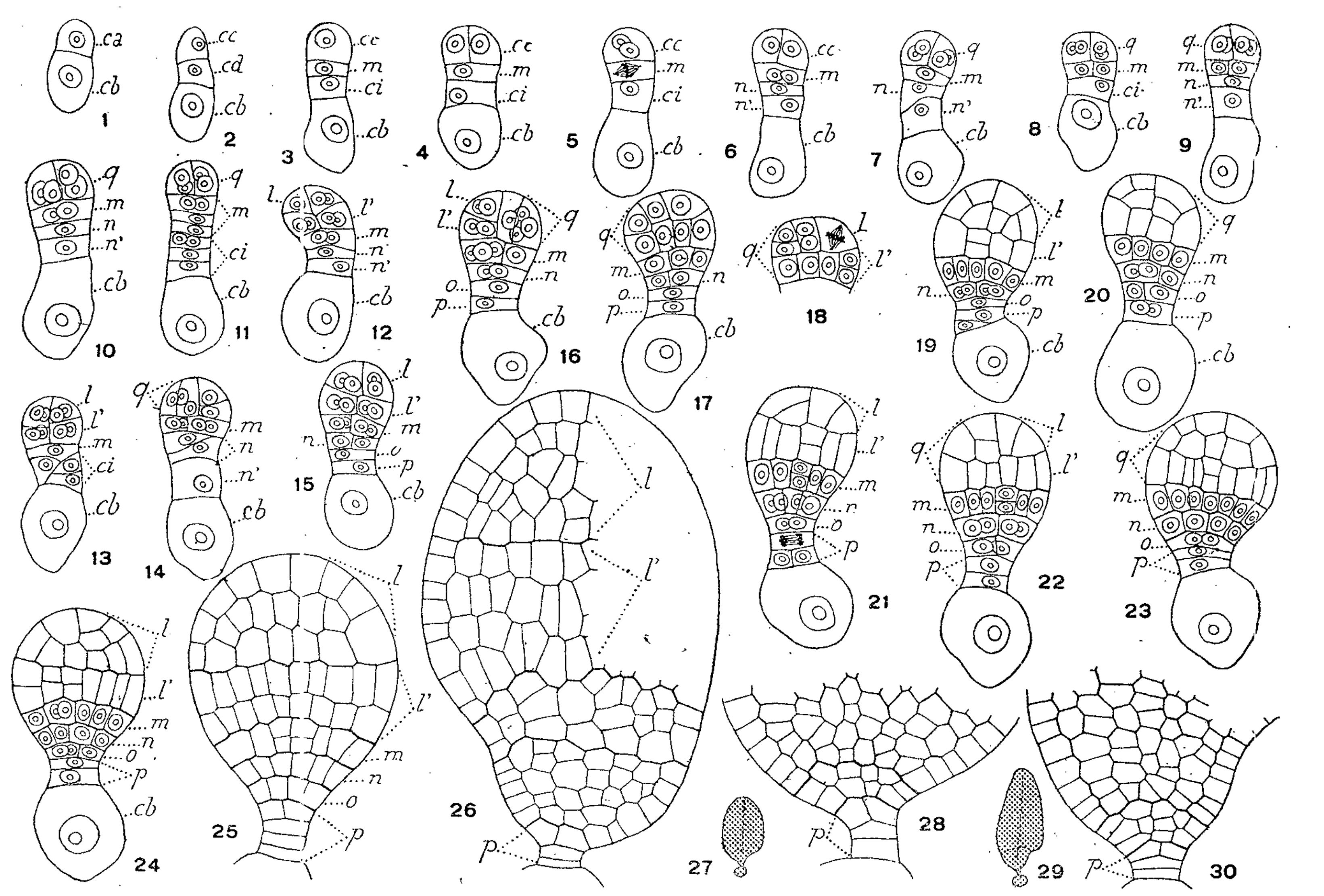


Fig. 1 à 30. — *Triglochin maritimum* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles superposées de *ca*; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants ou cotylédon; *l* et *l'*, octants supérieurs et octants inférieurs; *o* et *p*, cellules-filles de *n'* ou éléments qui en dérivent. Les figures 17 et 18 représentent les coupes voisines d'un même proembryon. En 27 et 29, aspect général des embryons d'où sont tirés les détails des figures 28 et 30. — G. = 260; 28 pour les figures 28 et 30.

titions, apparaît un proembryon à 16 cellules réparties en six étages : *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p* (*fig.* 15).

Au cours de ces premières segmentations, on rencontre quelques formes irrégulières. En 11, par exemple, les deux éléments *m* et *ci* ont engendré deux tétrades en T superposées, comme si le partage des potentialités n'avait pas eu lieu au moment de leur séparation. En 13, ces éléments ont pris naissance par segmentation oblique de leur cellule-mère *cd*. Quelquefois, les quadrants se cloisonnent verticalement, comme on peut le voir en 14 et en 16.

Les deux étages supérieurs *l* et *l'*, dérivés des quadrants, se divisent, comme le montrent distinctement les figures 16 à 22, par cloisons nettement périclines, le plus souvent horizontales ou parallèles aux parois méridiennes. Ils donnent naissance au cotylédon. En 23, 24, 25, *l'* a donné deux assises cellulaires; il en a produit trois en 26, au moment où apparaît la dépression latérale indiquant là séparation du cotylédon et de l'hypocotyle.

Les éléments des étages *m* et *n*, par divisions verticales, produisent une assise cellulaire qui commence assez tard à prendre des cloisons transversales (*fig.* 25). Dans ces deux étages, les divisions se succèdent bientôt sans orientation bien définie, de sorte que toute la région de l'hypocotyle à laquelle ils donnent naissance se transforme en un méristème

irrégulier n'offrant aucune différenciation intérieure. Les éléments de l'étage *o*, bien distincts jusqu'au moment de l'apparition de la dépression latérale, se confondent eux-mêmes avec ceux des deux étages supérieurs. Il n'y a pas lieu cependant, au sujet des destinées des trois étages, *m, n* et *o*, de formuler des conclusions différentes de celles qui ont été établies à propos du *Sagittaria sagittæfolia* ([4]) et du *Potamogeton natans* ([5]).

L'élément *p* (*fig.* 16, 17) se segmente le plus souvent transversalement (*fig.* 22 à 24), quelquefois verticalement d'abord, puis transversalement (*fig.* 20, 21). Les quatre cellules circumaxiales qu'il engendre vers le haut représentent la partie culminante de la coiffe (*fig.* 24 à 27), les autres, superposées, aplaties, légèrement variables quant à leur nombre, donnent un très court suspenseur qui relie l'embryon à la vésicule haustoriale.

L'embryon du *Triglochin maritimum* se rattache au type embryonomique du *Sagittaria sagittæfolia*, auquel a déjà été rapporté l'embryon du *Potamogeton natans*. Il n'a pas été possible de relever des différences essentielles entre les trois plantes. Cependant, en faisant intervenir la *loi des nombres* ([6]), dans les stades qui suivent la formation du proembryon à 16 cellules, il semble qu'il pourrait être fait état de données intéressantes pour préciser certaines divergences qu'accuse le développement relatif des parties.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le mécanisme biochimique de l'ossification et le rôle physiologique de la phosphatase des os.* Note de MM. **Jean Roche** et **Guy Deltour**, présentée par M. Maurice Javillier.

Robison (1923), Shipley, Howland et Kramer (1926) ont établi par des observations histochimiques que les cartilages de conjugaison des os longs se calcifient *in vitro* à pH 7,2 dans des solutions renfermant les ions $PO_4^{\equiv}$ et $Ca^{++}$ lorsque le produit $P \times Ca$ est supérieur à 40. Par ailleurs Robison et Soames (1924-1930), remplaçant dans la même expérience les ions $PO_4^{\equiv}$ de la solution minéralisante par des esters phosphoriques, ont observé que la calcification se produit alors à des taux de phosphore notablement moindres. Nous nous sommes proposé d'entreprendre l'étude *quantitative* de la fixation du phosphore et du calcium par des coupes d'os en croissance, mises en présence de solutions contenant des ions $Ca^{++}$ et, soit des esters phosphoriques, soit des ions $PO_4^{\equiv}$.

Nos expériences ont été poursuivies selon le mode opératoire établi par J. Roche et M.-T. Simonot ([1]), sur des coupes ($0^{mm},5$ d'épaisseur) d'os longs provenant d'embryons de Mouton (30 à $40^{cm}$ de long), à partir desquelles nous avons isolé, sous contrôle histologique, des fragments de cartilage hyalin, de cartilage d'accroissement et d'os métaphysaire. Elles ont comporté deux séries. Dans la première, les fragments osseux ont été placés pendant 16 heures à 37°

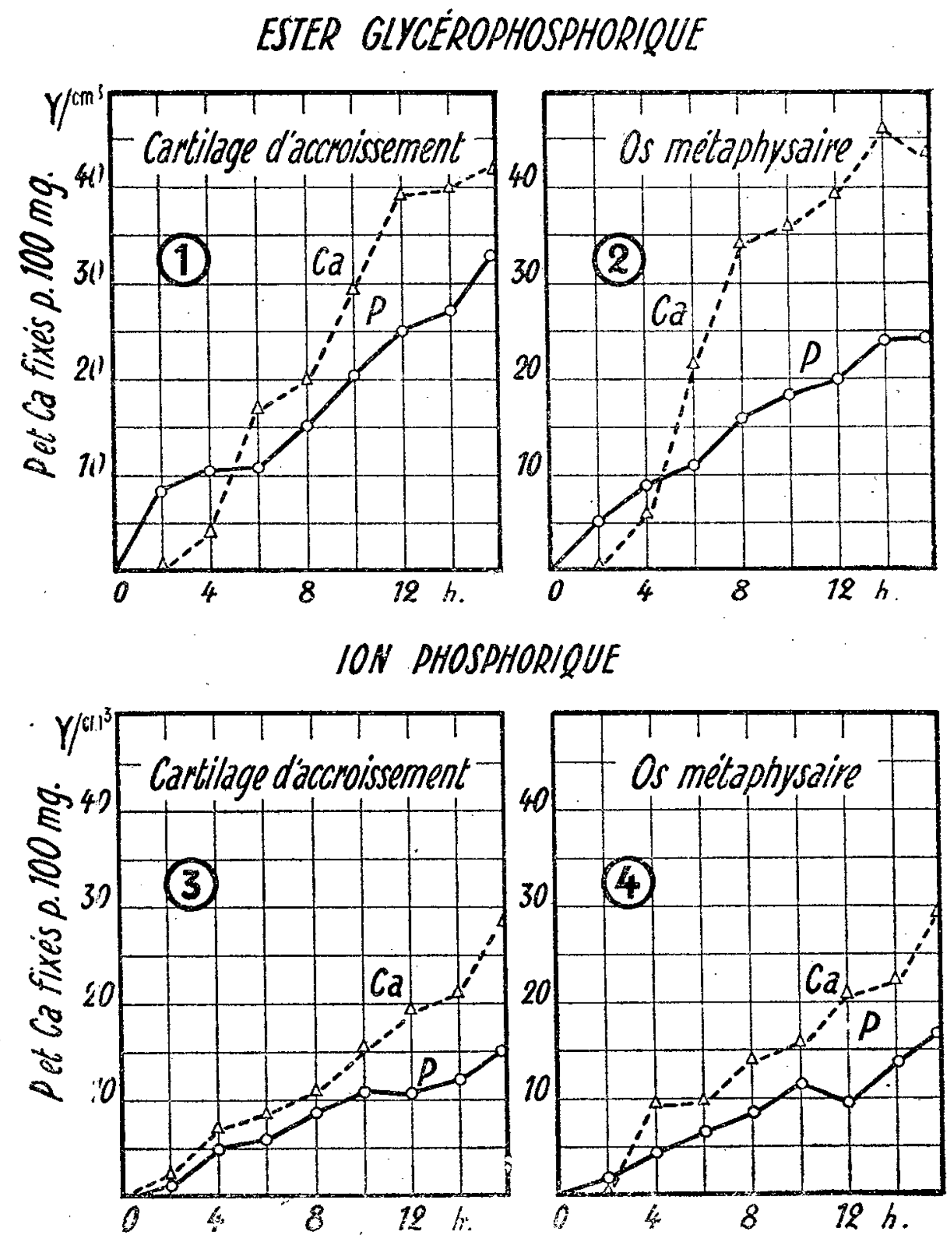
([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 715 et p. 1014; 166, 1918, p. 49; *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 13, 1931, p. 253.

([5]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 232.

([6]) R. Souèges, *Les lois du développement*, Paris, 1937.

([1]) *Enzymologia*, 10, 1942, pp. 239-243.

et à pH 7,2 dans une solution (Robison) contenant 5^mg^ P et 10^mg^ Ca à l'état ionisé par 100^cm³^, et l'on a déterminé toutes les deux heures la quantité de ces éléments fixée [2]. Au cours de la seconde, nous avons étudié l'enrichissement




Fixation du phosphore et du calcium *in vitro* par le cartilage d'accroissement et la region métaphysaire d'os embryonnaires de Mouton (embryons de 30-40^cm^) à partir de solutions contenant des ions $Ca^{++}$ (10^mg^ Ca par 100^cm³^) et, soit des ions $PO_4^{\equiv}$, soit du β-glycérophosphate de Na (5^mg^ P par 100^cm³^). Abscisses, temps en heures. Ordonnées, γP et Ca fixés par 100^mg^ de tissu et par cm³ de solution.

en phosphore et en calcium des mêmes régions osseuses dans des conditions identiques, à ceci près que du β-glycérophosphate de sodium a été substitué en quantité équimoléculaire au phosphate de sodium dans la solution minéralisante. Les résultats obtenus sur le cartilage d'accroissement et l'os métaphysaire de seize embryons ont permis d'établir les courbes reproduites ci-dessus.

Les faits suivants se dégagent de nos observations :

I. Alors que le cartilage d'accroissement et l'os métaphysaire mis en présence d'ions $PO_4^{\equiv}$ et $Ca^{++}$ s'enrichissent en l'un et en l'autre ion, le cartilage hyalin, non ossifiable, fixe les derniers sélectivement et en quantité beaucoup moindre. Dès lors on ne saurait, comme l'ont fait Pfaundler, Freudenberg et György, baser sur l'affinité du cartilage hyalin pour les ions $Ca^{++}$ une théorie de la calcification osseuse (*Kalksalzfängertheorie*).

---

[2] Compte tenu de la dissolution du *sel de l'os* dans le milieu.

II. Le cartilage d'accroissement et l'os métaphysaire fixent en quantité beaucoup plus importante le phosphore et le calcium en présence d'un ester phosphorique et d'ions $Ca^{++}$ qu'à partir d'ions $PO_4^{\equiv}$ et $Ca^{++}$. Dans le premier cas, *la phosphatase réalise un important enrichissement en ions* $PO_4^{\equiv}$ *au niveau des cellules sécrétant l'enzyme; son action provoque alors secondairement un véritable* appel *d'ions* $Ca^{++}$. A cet égard nos expériences apportent une démonstration directe du rôle physiologique de la phosphatase.

III. Les modalités de la fixation du phosphore et du calcium par l'os en présence d'ester phosphorique et d'ions $Ca^{++}$ permettent de penser que la formation du *sel de l'os* ne doit pas être assimilée à la précipitation directe de phosphate tricalcique à partir d'ions $PO_4^{\equiv}$ et $Ca^{++}$ apportés par les humeurs (théorie de Robison); elle paraît au contraire précédée de la combinaison d'un excès d'ions $PO_4^{\equiv}$ aux protéines osseuses, tant dans le cartilage de conjugaison *in vitro* que dans les pièces squelettiques embryonnaires en voie de calcification *in vivo* (Roche et Mourgue).

PARASITOLOGIE. — *L'involution abortive du complexe xéno-parasitaire chez un Sporozoaire*, Selysina perforans : *importance de cette notion*. Note de M. **Hervé Harant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Duboscq a fait connaître, en 1918, quelques *stades* d'un *curieux* Sporozoaire, *Selysina perforans*, parasite à Roscoff de l'ascidie *Stolonica socialis* Hartm. J'ai moi-même décrit, en 1931, des aspects parasitaires réalisés par le Sporozoaire *Selysina duboscqui* dans le mésenchyme d'ascidies méditerranéennes, *Styela partita* Flem. et *Polycarpa pomaria* Sav. : gros *trophozoïte* mononucléé, inclus dans une cellule géante, *kystes* à paroi mince, petits et grands *kystes durables* à paroi épaisse, ceux-ci expulsés finalement à l'extérieur par perforation des téguments de l'ascidie.

Il était tentant d'essayer de sérier les divers aspects décrits et de les inscrire dans un cycle de Sporozoaires dont il ne serait pas impossible de considérer comme des gamontes de gros éléments grégariniens, parfois tassés en syzygie, observés dans la lumière digestive de l'hôte. De ce point de vue, les petits sporozoïtes initiaux, les gros Sporozoaires parasites des histiocytes hypertrophiés et les amas schizogoniques intracellulaires charriés dans le sang circulant, et particulièrement abondants dans les endocarpes posent encore un problème de systématique protistologique, d'ailleurs d'intérêt secondaire.

Mais à la suite de nombreuses et déjà anciennes observations faites sur le vivant et sur des coupes, je pense aujourd'hui que les prétendus kystes de résistance n'ont que la valeur de *perles xéno-parasitaires* abortives, dont la structure, au premier examen inattendue, est essentiellement conditionnée par le mésenchyme de l'hôte. En effet, lorsque, chez *Polycarva*, on observe les plus grandes de ces *perles* dont le diamètre dépasse $400^{\mu}$, on constate à l'intérieur d'une épaisse paroi orangée, résultant de la fusion de leucocytes pigmentés de l'hôte, une bouillie de *navicules lipoïdiques* tout à fait semblables

aux inclusions de certains globules graisseux du sang de l'ascidie. On chercherait en vain, à ce stade, la moindre trace d'organisation appartenant en propre au parasite. Nonobstant, il est incontestable que les complexes les plus jeunes renferment des éléments parasitaires sous les aspects les plus divers : pseudo-barillet coccidien central, gros et petits éléments résultant de schizogonie itérative abortive, le tout aboutissant à des amas de débris leucocytaires *enkystés*, véritables perles abcédées éliminées à l'extérieur. En fait, il s'agit d'une lésion nodulaire primitivement xéno-parasitaire, à laquelle participent diverses catégories globulaires et qui finalement est expulsée en totalité.

La pathogénie de ce processus et l'histogénèse de telles *perles* involutives pourraient être recherchées dans l'impasse fatale dans laquelle se trouve engagé, par hasard, un sporozoaire quelconque, siphoné par l'ascidie.

On remarquera que ces Tuniciers fixés constituent un territoire d'élection pour la formation de tels complexes : participant à une biocénose sédentaire benthique, l'ascidie *admet* presque passivement un grand nombre d'animalcules, dont l'exacte adaptation parasitaire spécifique peut se trouver en défaut. Il s'agit, d'autre part, d'invertébrés, chez lesquels les barrières entre les épithéliums endodermiques et le mésenchyme (celui ci, au surplus, plastique et polymorphe) sont faciles à franchir.

De cette observation, il me semble qu'on peut tirer un corollaire intéressant la parasitologie générale. Certains groupes de Protozoaires, aux affinités incertaines (?), tirent davantage leur *prétendue spécificité* du complexe réactionnel dans lequel ils sont engagés, que de leur banale morphologie propre. Pris au piège d'un hôte, d'un tissu, ou d'une catégorie cellulaire *inhabituelle*, ils s'intègrent fatalement dans l'aveugle destinée d'une formation pathologique abortive. Dès lors il n'est point étonnant d'observer, comme cela se voit chez *Selysina* (il vaudrait mieux écrire chez les ascidies), des processus tératologiques inattendus, des ratés évolutifs, des essais partiels de développement en rapport avec les potentialités restantes du parasite et les réactions *actuelles* de l'hôte, chacun faisant ce qu'il peut, en réalisant temporairement l'apparence d'une nouvelle *individualité singulière*. Ainsi paraît-il en être des *Globidium*, véritables culs-de-sac de l'évolution coccidienne; ainsi pourrait-il en être des sarcosporidies.

GÉNÉTIQUE MÉDICALE. — *Essai d'analyse de l'action des œstrogènes sur l'hémophilie*. Note de MM. **Raymond Turpin**, **François Bourlière** et **René Sassier**, présentée par M. Léon Binet.

Depuis les observations initiales de C.-L. Birch (¹) et P. Niehaus (²), divers auteurs ont remarqué l'action favorable des préparations ovariennes

(¹) *Journ. Amer. Med. Assoc.*, 97, 1931, p. 244.
(²) *Schweizer. med. Wochenschrift*, 1931.

sur l'hémophilie. Leurs résultats cependant n'ont pas toujours été confirmés et il faut rechercher la raison de cette discordance dans l'imprécision des méthodes de mesure du temps de coagulation et dans l'emploi de préparations souvent mal définies. La méthode de mesure que nous avons utilisée est celle de Lian et Sassier ([3]). Elle permet de faire une étude qualitative très poussée du processus et d'apprécier les durées relatives des phases de précoagulation ($t$) et de coagulation (T). Ces deux phases sont accrues l'une et l'autre par l'hémophilie; l'analyse des photothrombogrammes des cinq malades que nous avons examinés montre en effet un allongement global de la courbe et le rapport de P. Meunier $\Delta t/t$ est presque toujours nettement supérieur à la normale.

Le benzoate d'œstradiol corrige en partie cette anomalie; la durée du temps de coagulation se raccourcit cinq à six jours après l'injection de $5^{mg}$ en solution huileuse et l'amélioration clinique est parallèle. Son effet est plus marqué que celui des extraits ovariens totaux.

L'action du benzoate d'œstradiol n'est pas liée à sa structure chimique mais à ses propriétés œstrogènes. En effet un corps synthétique, le dioxydiéthylstilbène (stilbœstrol), possédant une structure tout à fait différente de celle des hormones génitales et doué d'un pouvoir œstrogène deux à trois fois plus accentué que celui de l'œstrone, produit, même à la dose de $0^{mg},5$ injecté quatre jours de suite en solution huileuse, un abaissement encore plus marqué et beaucoup plus prolongé du temps de coagulation qui tend à revenir à la normale.

Cet effet du stibœstrol conduit à penser que l'expression du gène responsable de l'hémophilie est masqué chez la femme par un processus lié à l'activité œstrogène. Il ne s'agit pas d'une intervention directe sur la coagulation, mais indirecte, conditionnée par le sexe. Si la femme est vraiment à l'abri de l'hémophilie, même quand des circonstances exceptionnelles laissent entendre qu'elle doit être homozygote, on peut en déduire que l'action inhibitrice que nous avons analysée s'étend à l'état duplex. Il ne serait plus possible alors de dire que chez la femme hétérozygote le gène responsable de l'hémophilie est dominé par l'allélomorphe normal.

A $16^h 25^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

L. B.

---

([3]) *Bull. Mém. Soc. méd. Hôp. Paris*, 7 juillet 1939.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 7 JUIN 1943.

PRÉSIDENCE DE M. G. BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 juin au lieu du lundi 14.

CHIMIE AGRICOLE. — *Détermination, par la plante cultivée, de la valeur nutritive d'un milieu cultural.* Note de MM. **Henri Lagatu** † et **Louis Maume**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'agriculteur ne cultive pas la plante dans un sol, mais dans un *milieu* (terrain + atmosphère + interventions multiples et diverses) dont les variations incessantes font de l'alimentation minérale du végétal un équilibre essentiellement mobile quant aux rapports physiologiques et quant aux teneurs en éléments pour cent de matière sèche.

Sans quitter la terre cultivée, on peut analyser le milieu nutritif *par* la plante en prélevant en pleine culture des échantillons périodiques de cette plante. On relève ainsi des *faits d'alimentation*, documents incontestables, dont il s'agit d'utiliser l'enseignement.

Nous nous sommes proposé d'établir les fondements critiques de cette méthode dans le cas particulièrement difficile de la vigne méridionale qui, sous un climat très variable, exploite une grande profondeur de terrain. Pendant dix années consécutives (1929-1938), dans les dix-sept parcelles d'une vigne d'expérience en Aramon sur Rupestris, située à Mauguio, près Montpellier, nous avons, tout le long de la période végétative, déterminé mensuellement le diagnostic foliaire NPK (1) sur les deux premières feuilles à la base des sarments portant deux grappes (2).

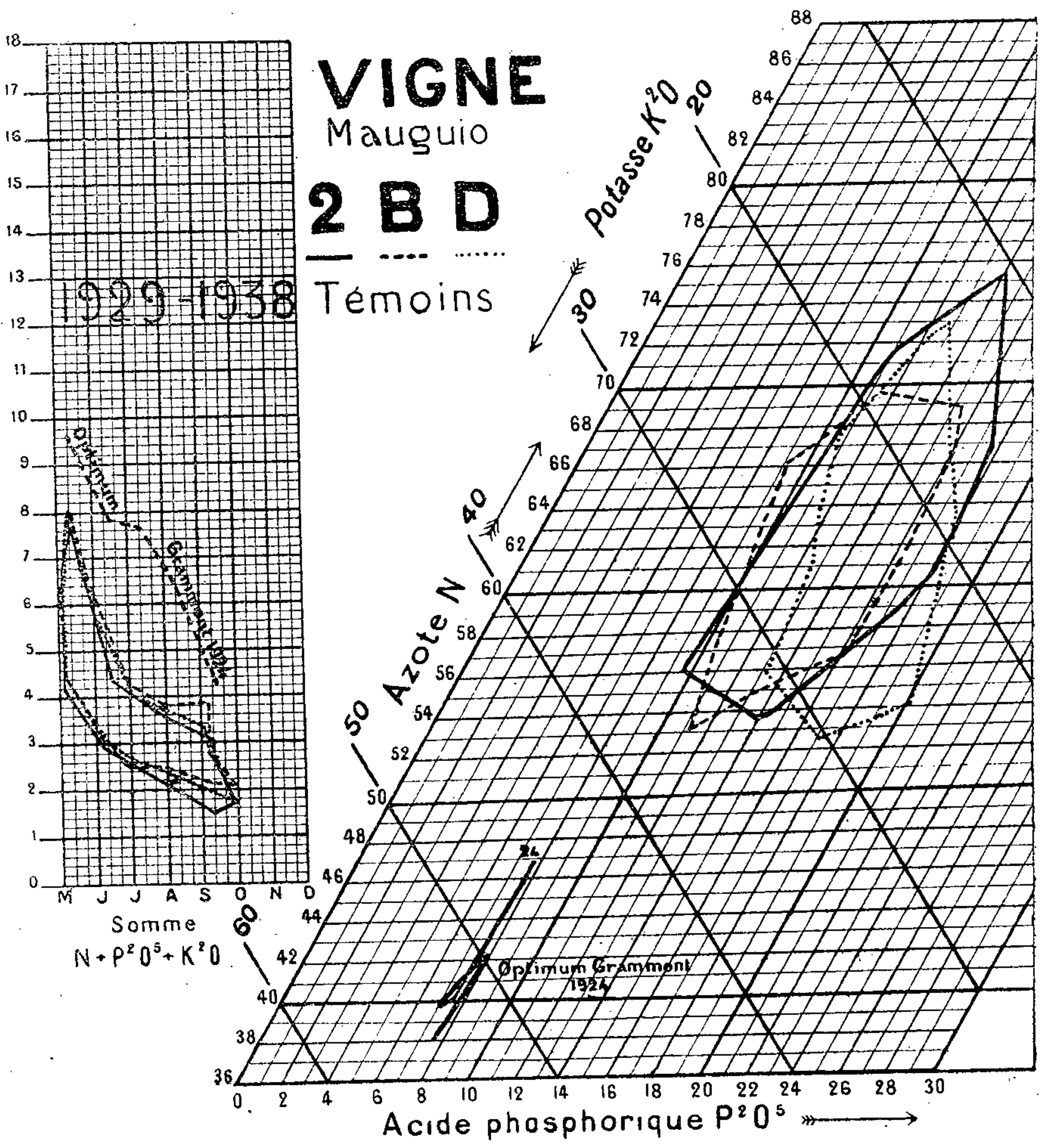
La présente Note est relative aux trois parcelles témoins, qui n'ont reçu

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 635.
(2) *Ibid.*, 207, 1938, p. 552.

aucun engrais et permettent ainsi d'estimer l'intensité et la qualité nutritive du milieu naturel.

Dans un premier graphique, nous avons tracé les diagrammes de l'alimentation globale NPK et ceux de l'équilibre NPK [graphiques dressés selon des conventions précédemment exposées ([3]), relevés chez un témoin, parcelle n° 2, pendant dix années]. Nous ne donnons pas ici les graphiques analogues dressés pour les deux autres témoins situés à 200$^m$ du n° 2, parcelles B et D, distantes entre elles de 30$^m$; mais nous avons réuni dans un graphique les polygones des points extrêmes des trois parcelles témoins.




Conclusions d'ordre physiologique, indépendantes de la notion de valeur :

*a*. Les points représentatifs occupent une aire de variation telle qu'*on ne saurait considérer comme constants, même approximativement, ni l'alimentation globale* NPK, *ni l'équilibre* NPK. La variation des équilibres porte davantage sur le rapport de l'azote à la potasse.

*b*. Le contour des points extrêmes (2$^e$ graphique) situe les équilibres NPK des trois témoins dans des aires qui se recouvrent sensiblement; en sorte que *le mode alimentaire* NPK *se montre suffisamment défini par la plante elle-même* au cours des dix années.

*c*. Un caractère notable réside dans le fait que les variations d'équilibre

([3]) *Ibid.*, 197, 1933, p. 558.

*pendant l'année* à partir du début indiquent en général une *prépondérance croissante de la quote-part de l'azote dans l'équilibre* NPK.

*d.* On constate, dans les variations d'équilibre en certaines années, *une ou plusieurs oscillations dues aux changements atmosphériques*.

Conclusions agricoles. — Elles apparaissent, ainsi que la notion de valeur technique, dès que l'on inscrit sur le graphique les diagrammes relatifs à l'optimum ([4]) de la même culture :

*a.* Les aires de variation de l'alimentation globale NPK sont, pour les trois témoins, nettement au-dessous de l'optimum : donc, terrain *insuffisamment alimentaire*.

*b.* Les aires de variation de l'équilibre NPK indiquent, pour les dix années, des équilibres caractérisés par une *carence relative de potasse par rapport à l'acide phosphorique et surtout à l'azote*. La croissance de la quote-part de l'azote au cours de l'année est donc un caractère dommageable.

Il est remarquable que *le caractère essentiel de mauvais équilibre* NPK *eût été reconnu, quelle que soit l'année, si l'on n'avait déterminé qu'une fois le diagnostic foliaire*.

L'estimation alimentaire du milieu naturel étant ainsi faite, on est amené à en chercher la confirmation par des essais d'engrais, en particulier d'engrais potassiques. C'est ce que nous avons réalisé dans les autres parcelles, et les résultats ont pleinement confirmé l'interprétation des faits d'alimentation NPK observés sur les trois témoins.

En résumé, on peut faire l'estimation de la valeur alimentaire d'un milieu cultural *par la plante cultivée elle-même* avec une précision et une sécurité qui répondent aux besoins de la pratique agricole.

M. **Henri Villat**, en faisant hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Leçons sur les fluides visqueux*, dont il est l'auteur, s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie l'Ouvrage que je viens de publier, *Leçons sur les fluides visqueux*; cet Ouvrage a été rédigé d'après des leçons que j'ai professées à la Faculté des Sciences en 1939 et 1940. Malgré son étendue déjà considérable, ce volume n'est pas un traité complet sur l'hydrodynamique des fluides visqueux : c'est plutôt le premier tome d'un tel traité, dont je pense pouvoir donner bientôt la suite. Les matières dont il est ici question sont parmi les plus difficiles dont la Physique mathématique a eu à s'inquiéter; c'est ce qui a provoqué l'existence de tant de travaux récents sur la viscosité, travaux où l'expérimentateur rencontre la source de fréquents déboires, et où le mathématicien trouve rarement de quoi se réjouir. Nous espérons avoir pu mettre au point et résoudre un certain nombre de difficultés importantes.

---

([4]) *Ibid.*, 205, 1937, p. 549.

La rédaction de ce Livre a été faite par mon élève, M. JULIEN KRAVTCHENKO, docteur ès sciences, chargé de recherches au Centre national de la Recherche Scientifique; les travaux de M. Kravtchenko sur la Mécanique des fluides sont déjà très connus, et ce jeune savant s'est acquitté avec la plus grande distinction de la tâche dont il s'était chargé.

Malgré les difficultés de l'heure actuelle, la maison Gauthier-Villars a tenu à consacrer à ce Volume tous ses soins habituels, avec la perfection incomparable qui lui est coutumière. Par ailleurs, le Centre national de la Recherche Scientifique a apporté son aide bienveillante et précieuse à l'édition de ce Livre.

M. **CHARLES CAMICHEL** fait, en ces termes, hommage à l'Académie, au nom de M. **LÉOPOLD ESCANDE**, d'un volume intitulé *Hydraulique générale*, Tome II, dont il a écrit la *Préface* :

M. Escande rappelle les lois essentielles du frottement intérieur des liquides et les formules de pertes de charge utilisées dans la technique industrielle. Il fait ensuite l'exposé des équations fondamentales de l'hydraulique avant de procéder à une étude complète de la similitude hydrodynamique, d'une part, et des surpressions dans les conduites forcées, d'autre part.

Cet Ouvrage donne une vue d'ensemble claire, précise et originale des problèmes examinés.

## ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **PAUL ANCEL** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie en remplacement de M. **T. H. MORGAN**, élu Associé étranger.

## CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE. COMITÉ NATIONAL FRANÇAIS. Section d'Hydrologie scientifique. *Commission du Bassin de la Seine*. Cahier n° 1 : *Le maximum de la Seine à Paris*, par VLADIMIR FROLOW.

2° COMITÉ NATIONAL FRANÇAIS de GÉODÉSIE et GÉOPHYSIQUE. Section d'hydrologie scientifique. *Instructions hydrologiques destinées aux ingénieurs et agents des services publics et des entreprises privées, aux Géologues, Hygiénistes, Explorateurs, Colons, etc.*

3° GEORGES FOURNIER. *Positions aréographiques pour l'année* 1924. *Chenaux sombres des* mers *martiennes*. Extrait *des Observations des Surfaces planétaires*, fascicule IX.

M. **Jean Becquerel** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par la mort de M. *Édouard Branly*.

MAGNÉTISME. — *Variation des propriétés magnétiques des sols d'hydrate ferrique par addition d'acide chlorhydrique*. Note de M. **Augustin Boutaric** et M^lle^ **Paulette Berthier**.

Les mesures magnétiques permettent de suivre d'une manière relativement simple les transformations susceptibles de se produire dans les solutions colloïdales, sous l'influence de diverses additions. Il suffit pour cela, en appliquant la loi d'additivité des propriétés magnétiques, de calculer le coefficient d'aimantation spécifique relatif à la matière dispersée et d'étudier comment varie ce coefficient en fonction de l'addition introduite et du temps.

Nous donnons dans cette Note les résultats d'expériences faites sur des sols concentrés d'hydrate ferrique.

1. L'hydrate ferrique était d'abord dilué avec un égal volume d'eau et l'on déterminait à l'aide de la balance magnétique de Curie et Cheneveau la susceptibilité magnétique $k_1$ de la solution ainsi réalisée; désignant par $\rho_1$ la masse spécifique de la solution, par $c_1$ sa concentration en $O^3Fe^2$, par $\chi_0$ le coefficient d'aimantation spécifique de l'eau ($-0{,}719.10^{-6}$ à $15°$) et par $\chi_1$ le coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyde, on a, d'après la loi d'additivité,

$$\chi_1 c_1 + \chi_0(\rho_1 - c_1) = k_1. \quad (1)$$

On diluait ensuite le sol primitif avec une solution d'un électrolyte ou d'un corps quelconque A, de manière que la concentration du corps A dans la solution ait une certaine valeur $c$. Désignant par $\rho$ la masse spécifique du mélange, par $\chi$ le coefficient d'aimantation du constituant A, par $\chi_2$ celui de $O^3Fe^2$ dans le mélange et par $k$ la susceptibilité magnétique de ce mélange, on a

$$\chi_2 c_1 + \chi c + \chi_0(\rho - c - c_1) = k. \quad (2)$$

Le coefficient d'aimantation spécifique du constituant A s'obtenait en déterminant la susceptibilité d'une solution du corps A de concentration $c$.

2. Dans un sol d'hydrate ferrique (préparé par la méthode de Graham et renfermant $27^g{,}7$ par litre de $O^3Fe^2$), on a ajouté de l'acide ClH de manière à réaliser dans le mélange des concentrations en acide respectivement égales à 0,05; 0,5; 2,5; et 5N.

Les mesures ont permis de déterminer les coefficients d'aimantation rapportés à $O^3Fe^2$ en fonction du temps pour les diverses solutions étudiées.

| | | Concentration en ClH. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *t.* | 0. | 0,05N. | 0,5N. | 2,5N. | 5N. |
| | 0 min... | $+35,95.10^{-6}$ | $+38,0.10^{-6}$ | $+38,33.10^{-6}$ | $+53,05.10^{-6}$ | $+122,07.10^{-6}$ |
| 38,0 | 10 » ... | » | » | 43,48 | 71,82 | 125,91 |
| 38,0 | 20 » ... | » | » | 43,93 | 97,73 | » |
| 38,0 | 1 heure.. | » | » | 49,19 | 152,80 | 192,16 |
| 38,0 | 24 » ... | » | » | 64,62 | 193,02 | 193,0 |
| 38,0 | 48 » ... | » | » | 168,52 | 193,02 | 193,0 |
| 38,0 | 96 » ... | » | » | 193,16 | 193,02 | 193,0 |

Le coefficient d'aimantation de $O^3Fe^2$ augmente avec la concentration en ClH et avec le temps pour tendre vers une valeur voisine de $+193.10^{-6}$ qui est de l'ordre de grandeur des coefficients d'aimantation des sels ferriques dissous, rapportés à 2 atomes-grammes d'ions $Fe^{+++}$ (pour $Cl^3Fe$ Pascal indique $\chi = +10^2.10^{-6}$). Ces mesures permettent donc de suivre la dislocation progressive des micelles d'hydrate ferrique dans laquelle on conçoit que les propriétés de l'ion $Fe^{+++}$ soient dissimulées si, suivant la conception de Malfitano, une micelle doit être regardée comme un complexe de complexes.

OPTIQUE. — *Contribution à l'étude du photodichroïsme de lames colorées de* NaCl. Note de M. **Serge Nikitine**, présentée par M. Aimé Cotton.

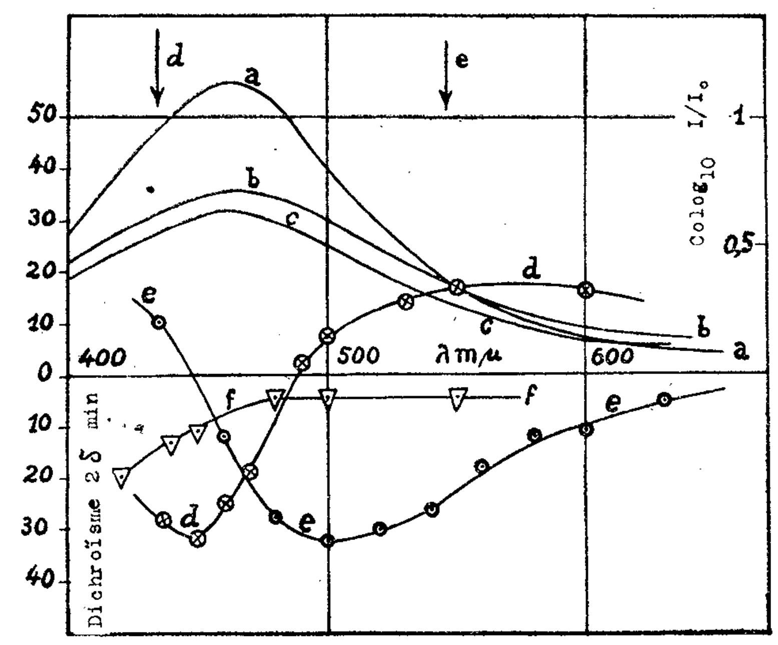
J'ai montré que des lames cristallines colorées [contenant des centres F et F′ (1) de NaCl (2) et de KCl (3)] devenaient dichroïques en se décolorant sous l'effet de la lumière blanche polarisée. Une étude plus détaillée de lames de NaCl a permis de mettre en évidence des faits nouveaux qui sont décrits dans cette Note.

J'ai étudié des lames planes taillées dans des cristaux synthétiques de NaCl, obtenus à partir du sel fondu. Ces lames, initialement incolores, ont été colorées par l'action de rayons X. Une lame colorée une première fois, soumise ensuite à l'action de la lumière blanche (lampe SP500 Philips) polarisée rectilignement, permet d'observer le photodichroïsme décrit précédemment (2). Si l'on veut répéter l'expérience avec la même lame partiellement décolorée et devenue anisotrope par l'action de la lumière blanche polarisée, il est nécessaire de la décolorer complètement et de la colorer ensuite à nouveau en la soumettant aux rayons X. On peut alors reprendre l'étude du photodichroïsme de la lame une deuxième fois, et ainsi de suite. Mais on trouve des résultats différents après chaque nouveau traitement de la lame. Le cristal présente un *effet de fatigue*, qui se manifeste par la diminution du

(1) R. W. Pohl, *Proc. Roy. Soc.*, 49, 1937, extra part, p. 3.
(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 32.
(3) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 730.

photodichroïsme (qui devient généralement négatif dans toute la bande d'absorption), bien qu'il soit produit dans des conditions toujours identiques.

La discussion de ces résultats nous a suggéré d'étudier le photodichroïsme obtenu quand on isole le cristal coloré avec de la lumière monochromatique polarisée, absorbée de préférence soit par les centres F (lumière bleue), soit par les centres F′ (lumière jaune et orangée). On a groupé sur la figure les



résultats de ces différentes études pour une lame présentant un effet de fatigue. D'autres lames ont donné des résultats analogues. *a* est la courbe d'extinction de la lame colorée, *b* la même courbe après insolation du cristal avec de la lumière bleue polarisée (SP 500 + filtre Wratten C49) et *d* la courbe correspondante de dichroïsme en fonction de la longueur d'onde; *c* est la courbe d'extinction du même cristal, redevenu isotrope dans l'obscurité après un certain temps, et isolé ensuite avec de la lumière jaune polarisée (SP 500 + filtre Wratten N61); *e* est la courbe de dichroïsme correspondante. Enfin *f* est la courbe de dichroïsme obtenue lors d'une étude précédente du même cristal insolé avec de la lumière blanche polarisée (SP 500). Les flèches indiquent les positions des maxima de l'intensité de la lumière de la source transmise par chacun des filtres.

Pour discuter ces résultats, rappelons que deux espèces de transformations sont produites sous l'effet de la lumière visible dans des cristaux contenant des centres F et F′ : 1° le cristal se décolore par destruction des centres F et F′ : $\alpha$, $F + h\nu \rightarrow 0$; $\alpha'$, $F' + h\nu' \rightarrow 0$; 2° un centre F peut se transformer en centre F′ et inversement : $\beta$, $F + h\nu \rightarrow F'$; $\beta'$, $F' + h\nu' \rightarrow F$. Or nous avons montré ([4]) que : 1° les transformations $\alpha$ et $\alpha'$ conduisent à des dichroïsmes, $\delta(\alpha)$ et $\delta(\alpha') < 0$ respectivement dans chacune des bandes d'absorption des centres détruits; 2° la transformation $\beta$ donne un dichroïsme $\delta(\beta) > 0$ dans la bande d'absorption des centres créés (F′) et $< 0$ dans la bande des centres détruits (F); le même raisonnement s'applique également à la transfor-

([4]) *Journ. de Phys.*, 3, 1942, p. 203.

mation $\beta'$. Considérons maintenant une lame qui contient des centres F et F' en même temps. Alors une insolation en lumière blanche polarisée produira des dichroïsmes $\delta(\beta)$ et $\delta(\beta')$, qui se détruisent mutuellement, et un dichroïsme négatif $\delta(\alpha)$ et $\delta(\alpha')$; la lumière polarisée bleue produira un dichroïsme du type $\delta(\alpha)+\delta(\beta)$; enfin la lumière jaune polarisée produira le dichroïsme $\delta(\alpha')+\delta(\beta')$. Dans ces deux derniers cas, la courbe de dichroïsme peut comporter un changement de signe. Les données expérimentales concordent avec ces prévisions et l'on est conduit à conclure qu'une lame colorée de NaCl qui présente un effet de fatigue contient en même temps des centres F et F'. Par contre le dichroïsme d'une lame neuve insolée avec de la lumière polarisée blanche ([2]) est du type $\delta(\alpha)+\delta(\beta)$; on doit en conclure qu'une telle lame ne contient pratiquement que des centres F. *L'effet de fatigue* serait alors dû à la production d'une proportion croissante de centres F' lors de chaque nouvelle exposition aux rayons X.

Cette étude est en bon accord avec les conclusions tirées précédemment quant aux propriétés des centres F et F' ([2]), ([3]), ([4]). Notons que des courbes analogues à *d* et *e* ont été obtenues par F. Weigert ([5]) et d'autres avec des émulsions au ClAg. Les considérations ci-dessus s'étendent peut-être également à ce cas.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur la sensibilité absolue des compteurs photoélectriques.* Note de M. **Joseph Mattler**, présentée par M. Charles Maurain.

Dès 1933 R. Audubert et Van Doormaal ont pu réaliser des compteurs photoélectriques à cathode de CuI de grande sensibilité dans l'ultraviolet entre 2000 et 2850 Å ([1]).

La sensibilité absolue de ces compte-photons a été déterminée par R. Audubert ([2]) à l'aide d'une méthode relativement simple, mais approchée. Aussi était-il intéressant de reprendre ces déterminations de la manière suivante plus précise.

On mesure à 2300 Å, longueur d'onde qui correspond à une forte sensibilité des compteurs à CuI, l'énergie lumineuse (nombre de photons) sortant d'un monochromateur en quartz. Après réduction dans un rapport connu, ce faisceau lumineux tombe sur la cathode du compteur dont on note la réponse (nombre de décharges par minute).

La source lumineuse est un tube à hydrogène de Chalonge et Lambrey. La bande spectrale, sortant d'un monochromateur Jobin et Yvon, est concentrée sur une pile thermoélectrique Moll du type *Micro*. Les courants très faibles,

---

([5]) F. Weigert et E. Elvegard, *Zeits. phys. Chem.*, 4, 1929, p. 239.

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1883.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 918.

ainsi obtenus à 2300 Å, sont amplifiés à l'aide d'un thermo-relais Moll ([3]). Dans ce dispositif, grâce à de multiples précautions mécaniques, électriques et thermiques ([4]), le galvanomètre secondaire donne une déviation variable à volonté, et qui peut être jusqu'à 1700 fois plus forte que celle du galvanomètre primaire traversé par le courant thermoélectrique.

La mesure de l'énergie absolue, sortant du monochromateur à 2300 Å, est faite par comparaison avec celle d'une lampe étalon Hefner dont la puissance rayonnée totale, sur une surface de $1^{cm^2}$ placée à $1^m$, a été prise égale à $9,6.10^{-5}$ W (*International Critical Tables*).

Afin d'obtenir, même avec cette amplification, des énergies mesurables à la sortie du système dispersif, nous alimentons le tube à hydrogène sous 200 mA et ouvrons les fentes du monochromateur à $2^{mm}$. La largeur de la bande spectrale, déterminée par spectrographie, est dans ces conditions de 80 Å et l'énergie lumineuse, mesurée comme il vient d'être dit, de 1,45 erg par sec., ce qui correspond à $1,69.10^{11}$ photons de cette longueur d'onde par sec., soit $10^{13}$ par min.

Cette intensité doit être réduite dans un rapport connu, de manière que seulement $10^5$ photons environ atteignent le compteur. Cette réduction dans un rapport considérable (1 à $10^8$) ne pouvait se faire avec des réducteurs neutres couramment employés, tels que diaphragme, secteur tournant, grille etc., aussi avons-nous fait appel à une méthode d'absorption par solution suivant la loi de Lambert. Mais la sensibilité spectrale du compteur et l'absorption de la solution varient toutes deux avec la longueur d'onde, de sorte qu'une faible proportion de lumière parasite, tombant dans un domaine de forte sensibilité du compteur, pourrait n'être pas absorbée par la solution, et la mesure de la sensibilité n'aurait aucune signification physique.

Les solutions aqueuses de $CrO^4K^2$ satisfont aux exigences du problème. Cette substance a un minimum d'absorption très aigu à 2300 Å ([5]) et supprime donc, de part et d'autre, toute la lumière parasite du faisceau monochromatique. L'absorption d'une solution de $CrO^4K^2$ $4.10^{-3}$ M. par litre a été soigneusement étudiée, à 2300 Å, sous différentes épaisseurs, en mesurant les intensités lumineuses, à l'entrée et à la sortie de la solution, avec une cellule photoélectrique sensible dans ce domaine, les fentes du monochromateur ayant les mêmes ouvertures que précédemment. Avec une cuve de $2^{cm},05$ d'épaisseur, contenant la solution de chromate, la réduction de lumière obtenue est de $5,0.10^7$, compte tenu de l'absorption des lames de quartz de la cuve.

A titre de vérification des sensibilités nous avons réalisé une réduction moins

---

([3]) W. J. Moll et H. C. Burger, *Zeits. f. Phys.*, 34, 1925, pp. 109 et 112.

([4]) E. Hochard, *Thèse*, Paris, 1935.

([5]) L'autre minimum bien connu à 3200 Å tombe en dehors du domaine de sensibilité de nos compteurs, dont le seuil ne dépasse pas 2850 Å.

forte ($1,75.10^6$), sans recourir à la solution absorbante, par diminution simultanée de la largeur des fentes du monochromateur, de l'intensité d'alimentation du tube à hydrogène et du diaphragme de la lentille collimatrice. Cette méthode et celle au chromate, appliquées à des compteurs de moyenne et de faible sensibilité, ont donné très exactement les mêmes chiffres.

Le meilleur des compteurs obtenus donne, en moyenne, un accroissement d'une décharge pour 700 photons incidents sur sa cathode. La surface de cette dernière est de $1^{cm^2}$, et l'écart moyen des fluctuations du nombre de décharges à l'obscurité de 0,9 ($N_0 = 8 \pm 0,9$ par min.) pour une statistique faite sur 20 minutes. Si nous admettons qu'un rayonnement, pour être perceptible, doit produire dans le compteur un nombre de décharges au moins égal au double de l'écart moyen des fluctuations à l'obscurité, on voit qu'avec ce dispositif il est possible de déceler un rayonnement correspondant à 1200 photons par minute ou 20 photons par seconde tombant sur la cathode.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus pour 40 photocompteurs à CuI remplis de vapeur d'alcool.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A....... | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 9 | 21 |
| B....... | 700 | 1000 | 1000 | 3500 | 4000 à 10000 | 4000 à 10000 | 10000 à 20000 | >20000 |
| C....... | 20 | 22 | 30 | 50 | 40 à 100 | 100 à 150 | 100 à 500 | > 300 |

A, nombre de compteurs. — B, nombre de photons nécessaires pour donner une décharge. — C, nombre de photons par seconde et par centimètre carré qu'on peut déceler, compte tenu de la stabilité du compteur.

La plus petite quantité de lumière décelable, qui dépend à la fois de la sensibilité et de la stabilité du compteur, atteint exceptionnellement une vingtaine de photons par seconde et par centimètre carré, et d'une façon assez fréquente une cinquantaine.

Ces résultats confirment ceux de R. Audubert, et notre tableau montre même que nous avons obtenu des compteurs plus sensibles que ceux qu'il avait réalisés.

RAYONS X. — *Nouvelles données relatives aux atomes de numéro atomique* 82 (Pb), 81 (Tl) *et* 79 (Au). *Émissions* L *faibles et niveaux extérieurs.* Note [1] de M^lle **Yvette Cauchois.**

Cette Note présente les résultats relatifs aux émissions L faibles de Pb, Tl et Au; elle complète mes Notes antérieures [2]. J'ai résolu les doublets $\beta_7$, $\beta'_7$ et $\gamma_8$, $\gamma'_8$ ($L_{II}N_{VI}$); j'en ai déduit les valeurs de $O_I$ et $N_{VI,VII}$. La raie mise en évidence vers les grandes fréquences de $\beta_5$ est probablement complexe, avec prépondérance d'une composante différente dans les trois cas.

---

[1] Séance du 31 mai 1943.

[2] Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 215, 1942, pp. 135, 413 et 465; **216**, 1943, p. 529; 213, 1941, p. 121.

TABLEAU I.

| Émission. | 82 Pb. λ antér. (*). | λ u. x. | ν/R obs. | ν/R calc. | 81 Tl. λ antér. (*). | λ u. x. | ν/R obs. | ν/R calc. | 79 Au. λ antér. (*). | λ u. x. | ν/R obs. | ν/R calc. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $L_{II}$ $O_I$ $\gamma_8$ *d*... | 821,7 | 822,0$_2$ | 1108,5$_7$ | – | 849,0 | 849,7$_3$ | 1072,4$_2$ | – | (907,9) | 908,1$_1$ | 1003,4$_8$ | – |
| $L_{III}$ $O_I$ $\beta_7$ *d*... | (960,3) | 960,0$_4$ | 949,2$_0$ | – | (988,0) | 988,2$_0$ | 922,1$_5$ | – | (1049,8) | 1047,6$_2$ | 869,8$_5$ | – |
| $L_{II}$ $N_{VI}$ $\gamma'_8$ *q*... | – | 821,6$_1$ | 1109,1$_3$ | – | – | 848,7$_8$ | 1073,6$_2$ | – | 906,7 | 906,5$_2$ | 1005,2$_4$ | – |
| $L_{III}$ $N_{VI,VII}$ $\beta'_7$ *q*... | 959,2 | 959,3$_9$ | 949,8$_4$ | – | 986,4 | 986,9$_2$ | 923,3$_5$ | – | 1045,4 | 1045,4$_4$ | 871,6$_6$ | – |
| $L_I$ $M_I$ *i*.... | – | – | – | 884,65 | – | – | – | 857,49 | – | 1132,9$_7$ | 804,3$_2$ | 804,87 |
| $N_I$ *i*.... | – | 826,9$_3$ | 1101,9$_9$ | 1102,54 | 852,3 | 853,$_{17}$ | 1068,$_{10}$ | 1068,01 | 911,3 | 911,$_{24}$ | 1000,0$_3$ | 1001,23 |
| $N_{IV}$ *q*... | 802,0 | 802,0$_3$ | 1136,2$_0$ | 1136,24 | 828,7 | 828,3$_0$ | 1100,$_{17}$ | 1100,33 | 884,0 | 883,8$_7$ | 1031,0$_0$ | 1031,24 |
| $N_V$ *q*... | 800,6 | 800,6$_9$ | 1138,1$_0$ | 1137,82 | 827,1 | 827,1$_3$ | 1101,7$_2$ | 1101,85 | 882,6 | 882,5$_6$ | 1032,5$_3$ | 1032,52 |
| $N_{VI,VII}$ *q*... | – | 786,$_{84}$ | 1158,$_{14}$ | 1158,02 | – | – | – | 1121,42 | – | – | – | 1050,92 |
| $O_I$ *i*.... | 787,8 | 788,$_{12}$ | 1156,$_{26}$ | 1157,38 | 814,6 | 814,$_{16}$ | 1119,$_{27}$ | 1120,22 | – | 869,0$_0$ | 1048,6$_4$ | 1049,16 |
| $O_{IV,V}$ *q*... | 780,9 | 781,0$_2$ | 1166,7$_7$ | 1166,76 | 806,9 | 806,9$_8$ | 1129,2$_3$ | 1129,23 | 862,2 | 862,2$_8$ | 1056,8$_1$ | 1056,95 |
| $L_{II}$ $M_{II}$ *i*.... | – | – | – | 857,50 | – | 1097,$_{47}$ | 830,$_{34}$ | 830,86 | – | (1168,47) | (779,$_{88}$) | 779,54 |
| $M_{III}$ *q*... | – | 1020,$_{27}$ | 893,$_{16}$ | 893,44 | 1053,5 | 1054,0$_2$ | 864,5$_6$ | 864,72 | 1125,5 | 1125,7$_3$ | 809,4$_9$ | 809,44 |
| $M_V$ *q*... | 972,5 | 972,$_{81}$ | 936,$_{74}$ | 936,44 | – | 1005,2$_0$ | 906,5$_6$ | 906,56 | 1072,9 | 1073,56 | 848,83 | 849,01 |
| $N_{II}$ *i*.... | – | (858,$_{69}$) | (1061,$_{23}$) | 1063,00 | – | – | – | 1029,26 | – | – | – | 964,00 |
| $N_{III}$ *q*... | 849,9 | 850,2$_5$ | 1071,7$_7$ | 1071,77 | – | 878,2$_0$ | 1037,6$_6$ | 1037,50 | 938,6 | 938,3$_8$ | 971,1$_1$ | 971,29 |
| $N_V$ *q*... | – | $\gamma_1$ | – | 1088,99 | – | $\gamma_1$ | – | 1054,05 | – | $\gamma_1$ | – | 986,8$_4$ |
| $O_{II}$ *i*.... | – | $\gamma_2$ | – | 1111,27 | – | 847,$_{27}$ | 1075,5$_4$ | 1075,21 | – | 905,6$_4$ | 1006,2$_2$ | 1006,06 |
| $O_{III}$ *q*... | 818,5 | 818,$_{37}$ | 1113,$_{52}$ | 1113,06 | – | $\gamma_2$ | – | 1076,93 | 904,5 | 904,50 | 1007,4$_8$ | 1007,44 |
| $P_I$ *d*... | – | 814,$_{19}$ | 1119,$_{23}$ | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| $L_{III}$ $M_{II}$ *q*... | 1305,0 | 1305,0$_4$ | 698,2$_7$ | 698,15 | – | 1338,8$_4$ | 680,6$_4$ | 680,59 | – | 1410,8$_2$ | 645,9$_1$ | 645,91 |
| $M_{III}$ *q*... | 1242,03 | 1241,3$_5$ | 734,0$_9$ | 734,09 | – | 1275,5$_0$ | 714,4$_4$ | 714,45 | – | 1348,6$_0$ | 675,7$_1$ | 675,81 |
| $N_{II}$ *q*... | 1008,2 | 1008,4$_1$ | 903,6$_7$ | 903,65 | – | $\beta_4$ | – | 878,99 | 1097,7 | 1097,4$_3$ | 830,3$_7$ | 830,37 |
| $N_{III}$ *q*... | 997,8 | 998,5$_3$ | 912,6$_1$ | 912,32 | 1026,3 | 1026,$_{57}$ | 887,$_{68}$ | 887,23 | 1087,7 | 1088,0$_8$ | 837,5$_0$ | 837,66 |
| $O_{II}$ *q*... | 956,6 } | 956,$_{60}$ | 952,$_{61}$ | { 951,92 | 984,1 { | 985,$_{39}$ | 924,$_{78}$ | 924,94 | 1043,4 { | $\beta'_7$ | – | 872,43 |
| $O_{III}$ *q*... | 955,8 } | | | { 953,71 | | 983,4$_0$ | 926,6$_5$ | 926,66 | | 1042,7$_7$ | 873,8$_9$ | 873,81 |
| P(?)........ | – | 949,2$_7$ | 959,9$_7$ | $L_{III}P_I$ | – | 977,2$_9$ | 932,4$_4$ | $L_{III}P_{IV,V}$? | – | 1036,6$_8$ | 879,0$_3$ | $L_{III}P$ ou satell. $\beta_5$ |

TABLEAU I (*suite*).

| Satellites. | 82 Pb. λ antér. (*). | 82 Pb. λ u. x. | 82 Pb. ν/R. | 82 Pb. Δ ν/R. | | 81 Tl. λ antér. (*). | 81 Tl. λ u. x. | 81 Tl. ν/R. | 81 Tl. Δ ν/R. | | 79 Au. λ antér. (*). | 79 Au. λ u. x. | 79 Au. ν/R. | 79 Au. Δ ν/R. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Région γ. $\gamma'_1$.... | – | 833,85 | 1092,85 | +5,44 | à $\gamma_1$ | 861,3 | 861,26 | 1058,06 | +5,54 | à $\gamma_1$ | – | (920,20) | (990,29) | (+4,72) | à $\gamma_1$ |
| $\gamma'_2$.... | – | 817,46 | 1114,76 | +27,35 | | – | – | $\gamma_6$ | – | | 899,4 | 899,57 | 1013,00 | +27,43 | |
| $\gamma''_2$.... | – | – | – | – | | – | Pb $\gamma_1$ | Tl $\gamma_3$ | – | | 893,3 | 892,99 | 1020,47 | +34,90 | |
| Région β. $\beta_2^{I}$.... | 975,9 | 975,61 | 934,05 | +4,41 | à $\beta_2$ | 1003,4 | 1003,48 | 908,11 | +4,33 | à $\beta_2$ | 1062,9 | 1062,88 | 857,36 | +4,15 | à $\beta_2$ |
| $\beta_2^{II}$.... | 974,3 | 974,24 | 935,36 | +5,72 | | 1001,9 | 1001,99 | 909,46 | +5,68 | | 1061,3 | 1061,30 | 858,63 | +5,42 | |
| $\beta_2^{III}$.... | 970,0 | 969,24 | 940,19 | +10,55 | | – | $\beta_3$ | – | – | | 1056,6 | – | – | – | |
| $\beta_2^{IV}$.... | – | $\beta_3$ | – | – | | 993,8 | – | – | – | | 1052,7 | – | – | – | |
| $\beta_2^{V}$.... | – | – | – | – | | – | – | – | – | | 1035,4 | – | – | – | |
| $\beta_2^{VI}$.... | 948,3 | – | – | – | | – | – | – | – | | 1032,3 | $\beta_5^{I}\beta_5^{II}$ | *N.-B.* (1) | – | |
| $\beta_2^{VII}$.... | 946,4 | – | – | – | | – | – | – | – | | 1029,9 | | – | – | |
| $\beta_5^{I}$.... | – | 944,87 | 964,44 | +5,82 | à $\beta_5$ | – | 972,49 | 937,05 | +5,89 | à $\beta_5$ | – | 1032,00 | 883,01 | +5,37 | à $\beta_5$ |
| $\beta_5^{II}$.... | – | 943,42 | 965,92 | +7,30 | | – | 971,19 | 938,30 | +7,14 | | – | 1030,37 | 884,41 | +6,77 | |
| Région α. $\alpha'$.... | *N.-B.* (2) | 1170,5 | 778,5 | +1,4 | à $\alpha_1$ | – | 1202,83 | 757,60 | +1,31 | à $\alpha_1$ | *N.-B.* (3) | 1271,46 | 716,71 | +1,30 | à $\alpha_1$ |
| $\alpha^{ix}$.... | 1169,29 | 1169,25 | 779,36 | +2,27 | | – | 1201,70 | 758,32 | +2,03 | | – | 1270,35 | 717,34 | +1,93 | |
| $\alpha^{x}$.... | 1167,85 | 1167,87 | 780,28 | +3,19 | | – | 1199,99 | 759,40 | +3,11 | | – | 1268,63 | 718,31 | +2,90 | |
| $\alpha_s$.... | – | 1180,05 | 772,23 | −4,86 | | – | 1212,16 | 751,77 | −4,52 | | – | 1280,8 | 691,8 | −3,9 | |
| $\alpha_a$.... | – | 1164,8 | 782,3 | +5,2 | | – | 1196,77 | 761,44 | +5,15 | | – | 1265,8 | 719,9 | +4,5 | |

(*) D'après S. KAUFMAN, *Phys. Rev.*, 45, 1934, pp. 385 et 613; F. K. RICHTMYER et S. KAUFMAN, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 605 ou le *Traité* de Siegbahn.

*N. B.* (1) CLAESSON (*Zeits. f. Phys.*, 85, 1933, p. 231) donne 1032,3 et 1031,3 u. x.

*N.-B.* (2) Voir VALADARES, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 744.

*N.-B.* (3) Mesures faites par rapport à Au $L\alpha_1$ 1273,77 et $\alpha_2$ 1285,02 (Y. CAUCHOIS, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 519; 213, 1941, p. 121). J'ai donné de plus $\alpha_{II}^{x}$ 1269,2; $\alpha_y$ 1272,15; $\alpha_{II}^{z}$ 1274,6; $\alpha_{III}^{z}$ 1275,5.

TABLEAU II.

| Élément. | Niveau final probable dans l'absorption $L_{III}$. | $O_I$ d'après $\beta_7$. | $N_{VI,VII}$ d'après $\beta'_7$. | $O_{IV,V}$ d'après $\beta_5$. | $P_I$. | $P_{II,III}$. | $P_{IV,V}$. | (R). | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 82 Pb....... | $P_{IV,V}$ | −11,68 | −11,04 | −2,26 | −0,91 | −0,68 | 0 | +0,63 | 0,51 | ν/R |
| 81 Tl....... | $P_{IV,V}$ | −10,26 | −9,06 | −1,25 | (−0,66) | −0,41 | 0 | +1,50 | 1,30 | |
| 79 Au....... | $P_I$ | −8,19 | −6,38 | −0,40 | 0 | +0,26 | – | +1,82 | 2,14 | |

Par comparaison, des fréquences d'absorption $L_I$, $M_{III}$, $M_{IV}$ et $M_V$ calculées et mesurées, et à l'aide de l'émission LP, j'ai estimé quelques niveaux très extérieurs des trois atomes étudiés, dont celle d'un niveau semi-réticulaire [noté ici (R)], comme dans de précédents travaux ([3]).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la complexité du rayonnement* $\gamma$ *du* RaD. Note de M. **Tsien San-Tsiang**, transmise par M. Paul Langevin.

Le rayonnement $\gamma$ du RaD a été l'objet de plusieurs études. Par la méthode d'absorption et l'analyse magnétique du spectre $\beta$, on a été conduit au résultat que le rayonnement $\gamma$ du RaD est simple, constitué par une raie de 47,2 ekV, dont la conversion dans les niveaux $L_I$, $L_{II}$, $M_I$, $N_I$ donne les quatre raies du spectre $\beta$. Les travaux suivants, par les méthodes de la chambre Wilson et de l'absorption dans une chambre d'ionisation, ont permis d'estimer le nombre de quanta $\gamma$ émis par 100 désintégrations; les résultats ne sont pas tout à fait concordants, soit 3-4 $\gamma$ d'une part et 10 environ d'autre part pour 100 désintégrations.

Dans un travail plus récent ([1]), en employant un compteur rempli de vapeur de $CH^3I$ sous $9^{cm}$ de pression comme appareil de détection, Amaldi et Rasetti ont indiqué que le rayonnement $\gamma$ du RaD n'est pas simple, mais constitué par deux raies d'énergie très voisine. La raie principale a une énergie de 46,6 ekV et la raie moins intense 42,6 ekV. Le rapport de l'intensité de ces deux raies est 5 et le nombre total des quanta émis par 100 désintégrations est 8.

Ayant voulu vérifier le résultat de ces auteurs, nous avons étudié le rayonnement $\gamma$ du RaD par l'ionisation produite dans une chambre remplie de xénon à la pression atmosphérique ([2]), qui favorise les rayons $\gamma$ de faible énergie à cause de son grand coefficient d'absorption photoélectrique. Les rayons $\beta$ secondaires produits dans le gaz sont complètement absorbés.

La source utilisée de RaD en équilibre avec RaE avait une intensité de 9,1 millicuries et l'angle solide utilisé était $9,1.10^{-3}$ stéradian. Un aimant, placé entre la source et la chambre d'ionisation, éliminait l'effet du rayonnement $\beta$. L'appareil de mesure était un électromètre Compton, le courant produit dans la chambre d'ionisation étant composé au moyen d'un petit quartz piézoélectrique de constante 0,104 U.E.S./Kg.

La courbe d'absorption dans l'aluminium a fourni une valeur de $\mu/\rho = 0,415$, concordant avec celle qui était admise, l'énergie correspondante du rayon $\gamma$

---

([3]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 68; *Disqu. Mat. et Phys.*, 2, F. 2, 1942, p. 319.

([1]) E. Amaldi et F. Rasetti, *Ricerca Sci.*, 10, 1939, p. 111.

([2]) Tsien San-Tsiang, *Journ. Phys. et Rad.*, 3, 1942, p. 1.

étant 47 ekV. Le courant produit dans la chambre à xénon, dû aux rayons γ du RaD, était 0,00054 U.E.S. par millicurie après correction de l'absorption, la longueur efficace de la chambre étant $15^{cm}$.

Ensuite, pour distinguer les raies d'énergie très voisine dans le domaine des rayons X, nous avons utilisé des écrans de différentes matières dont la discontinuité K d'absorption est dans la région des énergies étudiées ([3]). Ces écrans étaient constitués par des oxalates de terres rares de même masse superficielle (100 $mg/cm^2$). Les résultats sont groupés dans le tableau :

| Élément | $_{57}La$. | $_{58}Ce$. | $_{59}Pr$. | $_{60}Nd$. | $_{62}Sm$. |
|---|---|---|---|---|---|
| Discontinuité K (en ekV) ([4]) | 38,95 | 40,46 | 42,00 | 43,54 | 46,86 |
| Courant d'ionisation observé en unité arbitraire | 28,3±0,2 | 28,0±0.2 | 27,3±0,2 | 28,2±0,2 | 40,1±0,2 |

Étant donnée la variation continue de l'absorption des rayons γ par les divers éléments en fonction de leur numéro atomique, si l'énergie des rayons γ est éloignée de la discontinuité K des corps utilisés, nous devons nous attendre à une légère augmentation continue de l'absorption en fonction du numéro atomique ou, ce qui revient au même, à une légère diminution continue du courant observé. C'est ce que nous avons observé pour La, Ce et Pr. En passant de Pr à Nd, le courant d'ionisation augmente au lieu de diminuer, ce qui indique qu'il pourrait exister une raie γ dont l'énergie est comprise entre 42,00 et 43,54 ekV. Nous l'appelons la raie B. Ensuite, l'augmentation brusque du courant, quand on passe de Nd à Sm, indique la présence de la raie γ principale de RaD dont l'énergie est comprise entre 43,54 et 46,86 ekV. Nous l'appelons la raie A. La valeur habituellement admise de 47,2 ekV pour la raie A est supérieure à celle indiquée par notre expérience, et nous croyons qu'une étude du spectre γ par la méthode de diffraction serait nécessaire pour confirmer l'existence de la faible raie B et fixer leurs énergies exactes.

En employant la relation empirique du saut d'absorption pour la discontinuité K ([5]) : $\delta_K = E_K/E_{L_I}$, où $E_K$ et $E_{L_I}$ sont les niveaux K et $L_I$ du corps considéré, nous obtenons le rapport de l'intensité de ces deux raies

$$\frac{I_A}{I_B} = 12 \pm 7.$$

Les valeurs absolues des nombres de quanta γ calculées sont :

---

([3]) F. Joliot et I. Curie, *Comptes rendus*, 190, 1929, p. 1292 ; L. W. Alvarez, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 486.

([4]) M. Siegbahn, *Spectroskopie der Röntgenstraklen*, 1931. En adoptant la nouvelle valeur $E\lambda = 12,39$ où E = l'énergie des quanta γ en ekV et λ = la longueur d'onde du rayon γ en Å.

([5]) E. Jönsson, *Inaugural Dissertation*, Upsala, 1928.

$I_A = 3,8 \pm 0,8$ $\gamma$ pour 100 désintégrations;

$I_B = 0,3 \pm 0,2$ $\gamma$ pour 100 désintégrations, en prenant 23,2 eV pour l'énergie nécessaire à la production d'une paire d'ions dans le xénon (6) et $3,68 . 10^7$ pour le nombre de désintégrations par millicurie (7).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Détermination de la période radioactive du vanadium de masse* 52. Note de M. **Julien Martelly**, présentée par M. Aimé Cotton.

Une première détermination de la période de $^{52}V$ fut faite par Fermi et ses collaborateurs (1), qui ont mis en évidence ce radioélément par la réaction $^{51}V(n, \gamma)^{52}V$. La valeur trouvée était 3,75 minutes. Plus récemment H. Walke (2), ayant repris cette détermination en formant $^{52}V$ par la réaction précédente et par plusieurs autres processus nucléaires, trouve 3,9 min. $\pm$ 0,1 min., valeur qui fut admise dans les tables de constantes les plus récentes. Ces auteurs utilisaient, pour mesurer les activités, une chambre d'ionisation associée à un électromètre. Ayant à effectuer des mesures de l'énergie quantique des rayons $\gamma$ émis par cette substance, nous avons procédé à une nouvelle détermination de sa période, dont la connaissance précise est nécessaire.

Le radiovanadium 52 était obtenu par la réaction $^{51}V(n, \gamma)^{52}V$ en irradiant de l'oxyde $V^2O^5$ par les neutrons ralentis dans la paraffine, émis par le cyclotron du Laboratoire de M. Joliot au Collège de France. Les différents échantillons d'oxyde de vanadium traités avaient trois provenances différentes : un produit pur de la maison Rhône-Poulenc; un culot de $V^2O^5$ cristallisé par fusion dans un creuset, dû à l'obligeance de M. Gain; $3^g,8$ de $V^2O^5$ en poudre obtenu par M. Morette (3) après calcination du métavanadate d'ammonium. L'étude de la décroissance a été faite au moyen d'une chambre d'ionisation étanche de capacité $0^l,8$ contenant de l'argon sous une pression de $3^{atm}$. Le rayonnement y pénètre par une fenêtre d'aluminium de 1/10 de millimètre d'épaisseur et de diamètre $6^{cm}$. Cette chambre est surmontée d'un électromètre monofilaire Pohl, son électrode collectrice étant reliée directement au fil sans conducteur intermédiaire; la capacité de l'ensemble est ainsi réduite à $5^{cm}$. L'activité est mesurée tantôt par la vitesse de déviation du fil, tantôt par la méthode de compensation, en faisant varier la tension de la chambre d'ionisation qui forme armature d'un condensateur dont l'autre armature est l'électrode isolée reliée au fil de l'électromètre. La chambre a une tension de

(6) R. Naidu, *Ann. de Phys.*, 1, 1934, p. 120.

(7) R. Grégoire, *Ann. de Phys.*, 2, 1934, p. 161.

(1) E. Almadi, O. d'Agostino, E. Fermi, B. Pontecorvo, F. Rasetti et E. Segrè, *Proc. Roy. Soc.* (*London*), A, 149, 1935, p. 522.

(2) H. Walke, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 777.

(3) *Thèse*, Paris, 1937.

400 volts et sa variation, de 20 volts au plus, n'a aucune influence décelable sur l'intensité du courant collecté.

*Corrections.* — On a retranché des mesures le mouvement propre et les activités de plus longue période provoquées par les neutrons dans le vanadium lui-même (réaction $n$, $2n$) ou, éventuellement, dans les impuretés. Grâce à une irradiation brève, de quelques minutes, ces activités parasites sont toujours faibles, et dans le cas du dernier échantillon, particulièrement pur ($3^{g},8$ de $V^2O^5$ en poudre), elles sont totalement inobservables. Pour le calcul de l'intensité déduite de chaque mesure, il a été tenu compte de la décroissance au cours de la mesure elle-même; il est facile de voir que l'incertitude sur la période n'entraîne dans ce terme correctif qu'une erreur négligeable. Enfin les pertes par recombinaison d'ions aux intensités élevées ont été corrigées grâce à un étalonage avec $^{128}I$.

*Discussion des mesures.* — Pour chaque expérience nous avons représenté graphiquement les résultats, non par les variations de logI en fonction de l'époque $\theta$ minutes de la mesure, mais par les variations de $\text{Log}\,I - \text{Log}\,e^{-\lambda_0\theta}$, $\lambda_0$ étant la constante radioactive correspondant à la période de référence 3,9 minutes. Cette représentation est très sensible au voisinage de cette période et permet une détermination graphique très précise avec une échelle de temps réduite. La variation exponentielle de I se traduit encore par une droite qui serait horizontale si la période était 3,9 minutes. En fait, les points s'alignent très bien sur une droite inclinée correspondant à la période 3,75 minutes. Les fluctuations sont de l'ordre de 0,04 dans l'échelle des logarithmes, soit 1 % d'erreur pour une mesure individuelle. Il est intéressant de remarquer que si l'on ne corrige pas les pertes, le début de la courbe, entaché d'une erreur systématique, peut très bien se représenter sur un intervalle de 20 minutes (environ 5 périodes) par une droite à laquelle correspond une période apparente trop élevée. Ainsi s'expliquent les valeurs comprises entre 3,8 et 4,0 minutes trouvées par H. Walke, dont les mesures s'étendent sur une dizaine de minutes seulement. Nos expériences vérifient exactement à la précision des mesures la décroissance exponentielle de l'activité sur un intervalle de 13 périodes, les intensités variant de 0,2 à $2,10^{-5}$ U.E.S.

La détermination de la période T ne peut être faussée par une impureté de période nettement différente, soit plus grande, soit plus petite; en effet, dans l'un et l'autre cas, celle-ci donnerait à la courbe une concavité tournée vers le haut. Seule est à redouter une impureté de période voisine $T(1+\varepsilon)$. Soit $q$ la fraction de l'activité totale qui lui revient; le calcul montre qu'elle conduirait à une période apparente $T(1+q\varepsilon)$. Ainsi une erreur de 1 % pourrait être causée par une impureté dont l'activité serait 10 % de celle de $^{52}V$ et dont la période différerait de 10 %. Une semblable éventualité est bien improbable. Enfin nous avons obtenu un contrôle de nos expériences en mesurant suivant la même méthode la période de l'iode radioactif $^{128}I$ *soigneusement* débarrassé

de toute trace de brome par précipitation de $I^2Pd$ [4]. Notre résultat (25,03 ± 0,10 minutes) est en parfait accord avec la valeur 24,99 ± 0,02 donnée par Hull et Seelig [5] après un étalonnage rigoureux.

*Résultats.* — Les différentes expériences, de précisions inégales, ont fourni, par détermination graphique, les valeurs suivantes de la période en minutes : mesures à temps constant : 3,700, 3,751; mesures à charge constante : 3,722, 3,741, 3,745, 3,756, 3,766. En faisant une moyenne pondérée nous obtenons 3,740, et nous calculons pour cette moyenne une erreur moyenne quadratique absolue de 0,007.

En conséquence nous attribuons au vanadium 52 la période 3,74 ± 0,01 min.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés magnétiques de l'oxygène adsorbé par le charbon actif.* Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Quelques chercheurs ont étudié, par l'intermédiaire des constantes magnétiques, le phénomène si complexe de l'adsorption. En 1928, S. S. Bhatnagar, K. N. Mathur et P. L. Kafur [1] ont montré que le chlorure ferrique, le chlorure nickeleux, le chlorure cobalteux, le chlorure manganeux, sels tous paramagnétiques, paraissent être dimagnétiques lorsqu'ils sont adsorbés par le charbon de noix de coco.

En 1939, R. Juza et R. Langheim [2] étudient l'absorption de l'oxygène par le charbon de sucre, activé au chlore, par l'intermédiaire des mesures magnétiques en admettant dans leurs calculs que la susceptibilité de l'oxygène adsorbé est la même que celle de l'oxygène moléculaire gazeux et que celle du charbon ne varie pas pendant le phénomène.

Cependant, en 1926, Hammar [3] avait montré que le coefficient d'aimantation de l'hydrogène, de l'oxygène et du gaz carbonique, était proportionnel à la pression entre 0 et 760$^{mm}$; et, par une méthode entièrement différente, E. Lehrer, la même année [4], avait confirmé ces résultats pour ces mêmes gaz et l'argon.

L'oxygène étant, à coup sûr, fortement comprimé dans le charbon actif, il était difficile d'admettre la même valeur pour la susceptibilité magnétique de l'oxygène libre ou adsorbé, bien que P. Curie, dans sa Thèse [5], ait écrit que

(4) Cf. P. Süe et J. Beydon, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).
(5) *Phys. Rev.*, 60, 1941, pp. 553 à 556.

(1) *Indian J. Phys.*, 3, 1928, part. I, p. 53.
(2) *Z. f. Electrochem.*, 45, 1939, p. 689.
(3) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 12, 1926, p. 544.
(4) *Ann. der Physik*, 81, 1926, p. 229.
(5) *Ann. Chim. et Phys.*, 5, 1895, p. 337.

le coefficient d'aimantation de l'oxygène était indépendant de la pression, à la précision des mesures près.

Tout récemment, Boutaric et Mlle Berthier [6] ont montré que le coefficient d'aimantation de l'hydroxyde ferrique ou du chlorure ferrique était plus fort à l'état adsorbé sur la bentonite qu'en suspension colloïdale (hydroxyde) ou en solution (chlorure).

On voit donc que le champ de la recherche, dans le domaine des phénomènes d'adsorption en relation avec les propriétés magnétiques, est à peine exploré.

Depuis bientôt deux ans, nous étudions les relations entre les coefficients d'aimantation du charbon actif et ses constituants (le fer qui le souille, l'air et l'eau qui sont toujours à son contact), et les quelques Mémoires publiés ici-même [7] nous ont amené à penser que l'air inclus dans le charbon n'avait pas les mêmes constantes physiques que l'air ambiant.

L'air n'étant pas un composé défini, nous avons d'abord étudié le comportement de l'oxygène à cet égard.

L'étude s'est révélée difficile. En effet, si l'on veut dégazer le charbon actif, il faut le chauffer longtemps dans le vide aux environs de 900°. A cette température, les oxydes métalliques contenus dans le solide sont réduits partiellement ou totalement par le charbon, et l'oxyde ferrique en particulier, quoique en faible quantité, confère au charbon, après réduction, un magnétisme tel que toute mesure sérieuse est impossible.

Un essai de vide très poussé, réalisé, grâce à l'obligeance de M. L. Dunoyer, sur du charbon fortement chauffé au bec Mecker, a donné une substance très fortement magnétique qui, une fois amenée à froid au contact de l'oxygène, s'est échauffée à un tel point que l'existence d'une combustion spontanée dans le tube ne pouvait être mise en doute. Le magnétisme du charbon ainsi oxydé avait d'ailleurs considérablement décru, le fer réduit étant revenu à l'état d'oxyde.

Il a fallu se contenter de sécher le charbon et de le dégazer à froid, donc partiellement, puis, de lui faire adsorber l'oxygène pour faire des mesures magnétiques comparatives ayant un sens. Nous avons donc mis dans une ampoule en verre pyrex, d'une contenance de $1^{cm^3},6$, du charbon de noix de coco activé à la vapeur d'eau et au gaz carbonique; nous avons fait le vide; nous avons scellé l'ampoule, puis nous avons mesuré à la balance magnétique l'écart donné par l'ensemble.

L'ampoule, ouverte ensuite dans de l'oxygène et scellée à nouveau, a donné dans le champ magnétique un nouvel écart qui, rapporté à l'augmentation de masse de l'ensemble, a permis de mesurer le coefficient d'aimantation $\chi$ de l'oxygène adsorbé à la température de 23°C.

---

(6) *Journ. Chimie Phys.*, 39, 1942, p. 129.

(7) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 823; 215, 1942, pp. 18 et 461.

Nous avons trouvé ainsi $10^6\chi = +107,5$, à 0,5 % près. E. Bauer, P. Weiss et A. Piccard ont donné, par une autre méthode, $10^6\chi = +107,8 \pm 0,3$ [8], à la température de 20°C. Si donc l'air adsorbé par le charbon actif a un coefficient d'aimantation différent de celui de l'air ambiant, ce n'est pas à cause de l'oxygène seul que le phénomène se produit, comme nous étions en droit de le croire. Il y a lieu de soupçonner un rôle actif de l'eau.

Il est bon de remarquer cependant que, les charbons actifs servant de support, il est possible de mesurer le coefficient d'aimantation d'un gaz par cette méthode, qui permet de concentrer sous un faible volume de très appréciables masses gazeuses.

Elle peut rendre de très grands services dans le cas de gaz difficiles à liquéfier, adsorbés sans modification chimique par les charbons, et même doit permettre de voir ces modifications chimiques lorsqu'elles se produisent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de préparation d'amines secondaires et tertiaires*. Note de MM. **Charles Prévost** et **Hubert Cerf de Mauny**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une amine aliphatique secondaire ou tertiaire s'additionne facilement à une molécule de formaldéhyde pour former une méthylolamine; par exemple, avec la diéthylamine,

$$(C^2H^5)^2NH + HCHO = (C^2H^5)^2NCH^2OH.$$

L'acide chlorhydrique gazeux agissant sur une solution de ce corps salifie la fonction amine, puis estérifie l'hydroxyle; nous pensons qu'ainsi nous devons obtenir la chlorométhyldiéthylamine à l'état de chlorhydrate

$$(C^2H^5)^2NCH^2Cl,\ ClH.$$

De même que les éthers chlorométhyliques réagissent avec les organomagnésiens selon l'équation

$$RMgX + ClCH^2OCH^3 \rightarrow RCH^2OCH^3 + MgXCl,$$

en faisant réagir la chlorométhyldiéthylamine sur un organomagnésien mixte, on peut attendre

$$(C^2H^5)^2NCH^2Cl + RMgX \rightarrow RCH^2N(C^2H^5)^2 + MgXCl.$$

Faute de pouvoir isoler le composé $(C^2H^5)^2NCH^2Cl$, ou à défaut son chlorhydrate, nous avons utilisé, pour tenter la condensation, le produit brut de l'action de ClH sur la méthylolamine, d'où une grosse perte de magnésien qui agit d'abord sur l'eau, l'acide chlorhydrique en excès et l'acide chlorhydrique combiné.

---

[8] *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 486.

Nous avons préparé la méthyloldiéthylamine en versant 1$^{mol}$ de diéthylamine en solution aqueuse à 33 % dans un excès de formol placé dans un mélange réfrigérant. Le méthylol formé est relargué par le carbonate de potassium, puis dissous dans le benzène et soumis à l'action d'un courant gazeux d'acide chlorhydrique jusqu'à saturation, en refroidissant.

Nous avons fait réagir le chlorure ainsi formé sur un gros excès de chlorure de butylmagnésium; nous avons obtenu le N-diéthylaminopentane

$$CH^3-(CH^2)^4-N(C^2H^5)^2$$

bouillant à 155° sous 760$^{mm}$.

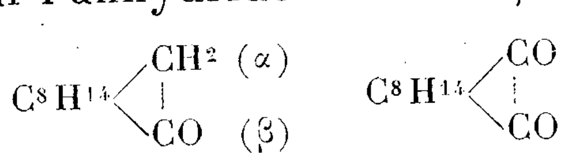
En remplaçant le chlorure de butylmagnésium par l'iodure de méthyle, nous avons isolé la triéthylamine PE 90-91° caractérisée par son chlorhydrate dont nous avons dosé le chlore selon Charpentier Volhardt.

Enfin, avec le bromure de phénylmagnésium, nous avons isolé 25$^g$ de N-diéthylbenzylamine PE 209° sous 755$^{mm}$ pour la mise en œuvre de 18$^g$,5 de diéthylamine.

Nous avons préparé la méthylolmonométhylamine comme la méthyloldiéthylamine et en suivant le même mode opératoire; la condensation avec le bromure de phénylmagnésium nous a fourni la N-méthylbenzylamine PE 181° sous 760$^{mm}$ caractérisée par son chloraurate PF 138°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'anhydride sélénieux sur le camphre et sur ses dérivés α-substitués.* Note de M. **Jean Vène**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été antérieurement montré ([1]) que le camphre (I) pouvait être oxydé en camphoquinone (II) par l'anhydride sélénieux; c'est, à notre connaissance,



(I). (II).

le seul composé à noyau camphocéane $C^8H^{14}$ que l'on ait jusqu'ici essayé d'oxyder par $SeO^2$. Cette oxydation laissant le noyau camphocéane inaltéré, nous nous sommes proposé d'étudier l'action de $SeO^2$ sur différents groupements liés à ce noyau. Nous publions ici l'essentiel des résultats obtenus dans une première série d'expériences faites sur le camphre lui-même et sur ses dérivés substitués en α.

I. *Action sur le camphre.* — *a*. En milieu alcool éthylique. En chauffant à reflux pendant 8 heures un excès de $SeO^2$ avec une solution éthylique de

([1]) J. Allard, *Thèse*, Bordeaux, 1933, p. 97; W. C. Evans, J. M. Ridgton et J. L. Simonsen, *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 137; H. Rupe et A. T. di Vignano, *Helv. Chim. Acta*, 20, 1937, p. 1081.

camphre, on n'obtient finalement qu'un mélange renfermant environ 73 % de camphre et 27 % de camphoquinone; ainsi l'oxydation a porté sur le quart seulement du camphre de départ.

*b*. En milieu toluénique ou xylénique. Si l'on substitue le toluène ou le xylène à l'alcool dans l'expérience précédente, il ne reste en fin d'opération que 10 à 12 % de camphre, mélangé à 90-88 % de camphoquinone que l'on peut purifier par entraînement à la vapeur d'eau.

*c*. En milieu anhydride acétique. Bien que ce solvant soit partiellement oxydé par $SeO^2$, il permet, moyennant une consommation de $SeO^2$ un peu supérieure à celle consentie en milieu toluénique ou xylénique, de préparer la camphoquinone avec le meilleur rendement (95 % brut environ); il y a intérêt à réduire le plus possible la quantité de solvant employé.

Le chauffage direct d'un mélange de $SeO^2$ et de camphre conduit également à la camphoquinone, mais ce procédé est peu indiqué pour la préparation d'une quantité importante de ce composé.

II. *Action sur l'α-oxycamphre.* — Comme on pouvait s'y attendre, l'α-oxycamphre est transformé plus facilement et plus rapidement que le camphre en camphoquinone; au sein de l'alcool par exemple, la transformation porte au bout de 2 heures sur 40 % du produit de départ et, par chauffage direct d'un mélange de $SeO^2$ et d'oxycamphre, on obtient en 15 minutes la camphoquinone avec un rendement de 85 %.

III. *Action sur les α-halogénocamphres.* — En milieu anhydride acétique, vers 135°, l'α-bromocamphre n'est pratiquement pas attaqué par $SeO^2$ : l'action oxydante de celui-ci se porte entièrement sur le solvant. En opérant sans solvant, l'attaque se produit vers 145° sur le bromocamphre fondu; en maintenant pendant 6 heures à 145-150°, il y a oxydation partielle en camphoquinone (Rdt : 55 % environ).

L'α-chlorocamphre conduit de même à la camphoquinone, mais le rendement est de 30 % seulement.

IV. *Action sur l'éthylcamphre.* — L'éthylcamphre est attaqué vers 180-190°; chauffé pendant 2 heures à cette température avec $SeO^2$ en quantité équimoléculaire, il fournit 12 % de camphoquinone, à côté de camphre et, très probablement, d'éthylènecamphre.

V. *Action sur le benzylcamphre.* — Par chauffage vers 200° avec $SeO^2$ en quantité équimoléculaire, le benzylcamphre est presque quantitativement transformé par déshydrogénation en benzylidènecamphre (Rdt 95 %). Nous avons vérifié que ce dernier composé n'était pas attaqué par un excès de $SeO^2$, même par chauffage prolongé à 200°. Cette réaction constitue ainsi un nouveau mode de préparation du benzylidènecamphre; elle montre l'intérêt de l'emploi de $SeO^2$ pour l'obtention, par un processus oxydant, d'un corps lui-même assez facilement oxydable.

VI. *Action sur l'isonitrosocamphre.* — Si on élève lentement la température

d'un mélange intime de $SeO^2$ et d'isonitrosocamphre, il se produit une violente déflagration lorsqu'on atteint 85°; la température à laquelle se produit cette réaction brutale ne dépend pratiquement pas des proportions relatives des deux composés, pourvu qu'elles restent du même ordre de grandeur. On peut diminuer la violence de la réaction en incorporant au mélange du sable fin : amorcée par chauffage en un point, elle se propage alors rapidement dans toute la masse, provoquant une forte élévation de température, sans revêtir toutefois une forme explosive. Les principaux produits formés sont : l'α-mononitrile camphorique (Rdt 23 %) et l'anhydride camphorique (Rdt 27 %).

Si l'on opère au sein d'un solvant, on obtient une réaction plus douce qui conduit principalement à ces deux mêmes corps, avec des rendements qui dépendent des conditions opératoires. Par exemple, au sein de l'alcool et après 5 heures de chauffage à reflux, on obtient 20 % de nitrile et 12 % d'anhydride camphorique, tandis qu'en milieu toluénique, les deux composés sont obtenus avec le même rendement de 36 %.

Ainsi, contrairement à ce qui se passait avec les corps précédents, l'action de $SeO^2$ sur l'isonitrosocamphre provoque la rupture de la liaison directe entre le groupement CO et le C en position α.

Le détail de nos résultats expérimentaux sera publié ailleurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les halohydrines de l'hydrobenzoïne obtenues par action des hydracides sur l'oxyde de stilbène.* Note de M. **Daniel Reulos**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Bien que l'hydrobenzoïne et l'isohydrobenzoïne soient depuis longtemps connues, les halohydrines correspondantes n'ont pas encore été décrites. Il semble bien que, dans l'action des hydracides et de leurs générateurs sur ces glycols, il se forme surtout les halogénures du stilbène et de l'isostilbène sans qu'on puisse isoler sûrement les halohydrines intermédiaires.

Nous avons réussi à obtenir ces halohydrines en faisant agir les hydracides sur les oxydes de stilbène et d'isostilbène. La présente Note est consacrée aux halohydrines préparées par action de ClH, BrH et IH sur l'oxyde de stilbène, c'est-à-dire sur le *trans*-diphényl-1.2 époxy-1.2 éthane. Ces halohydrines sont cristallisées ainsi que leurs esters *p*.nitrobenzoïques; ce sont vraisemblablement des dérivés érythro (*cis*), car l'époxyde initial est un *trans* (racémique), et l'on sait que l'action des hydracides sur les époxydes ainsi que le retour de l'halohydrine à l'époxyde ([1a]) sont toujours accompagnés d'une inversion de Walden.

---

([1]) *a.* Kuhn et Ebel, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 919; *b.* Kuhn et Wagner-Jauregg, *ibid.*, 61, 1928, p. 512; *c.* Lucas et Gould, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2541 d'après *Chem. Zentr.*, 1942 I, p. 2864; *d.* Winstein et Lucas, *ibid.*, 61, 1939, p. 1580.

Traitées par la potasse ou par la soude à froid, les halohydrines ci-dessus régénèrent l'oxyde de stilbène racémique, c'est-à-dire l'époxyde *trans* dont on était parti. Enfin soumises à l'action du chlorure de thionyle ou de $Br^3P$, ces halohydrines conduisent respectivement aux halogénures correspondants à point de fusion élevé. La structure *cis* de ces halogénures semble bien établie pour l'un d'eux ([2]), le chlorure (F 192°), alors qu'elle ne paraît pas l'être aussi rigoureusement pour le bromure ([3]).

Si, dans ces divers cas, les halogénures de stilbène obtenus sont bien des dérivés méso (*cis*), il faudrait en conclure que l'estérification halohydrique des halohydrines de l'hydrobenzoïne se produit sans inversion de Walden avec formation des *cis* halogénures de stilbène, ce qui concorde avec ce qu'on observe dans l'estérification par BrH, non seulement ([1d]) des acétates des deux bromhydrines du butanediol-2.3 (l'érythro et la thréo), mais aussi de l'érythrobromhydrine du pentanediol ([4]). On sait qu'il n'en est pas de même dans l'estérification chlorhydrique qu'on réalise par action de $SOCl^2$ non seulement sur les acides érythro- et thréo-chloromaliques ([1b]), mais aussi sur les érythro- et thréochlorhydrines du butanediol-2.3 ([1c]).

*Chloro-2 diphényl-1.2 éthanol.* — Chlorhydrine de l'hydrobenzoïne ([5]). Le stilbène (F 124°), obtenu par déshydratation du diphényl-1.2 éthanol par chauffage avec $SO^4KH$ et purifié par cristallisation dans l'alcool, est transformé en oxyde de stilbène (F 69°) par action du peroxyde de benzoyle sur la solution du carbure dans le chloroforme. On dissout l'époxyde dans 10 fois son poids d'éther anhydre; on agite cette solution éthérée pendant une à deux heures avec un grand excès de ClH concentré (520g de ClH par litre). La solution éthérée décantée est lavée à l'eau puis au bicarbonate de sodium et enfin séchée et évaporée. Après quelques jours, le résidu cristallise spontanément. On fait recristalliser dans l'éther, puis dans l'éther de pétrole (F 77° *p*-nitrobenzoate F 103-104°). En agitant à froid avec KOH la solution éthérée de cette chlorhydrine, on obtient l'époxyde initial (F 69°). La solution chloroformique de la chlorhydrine, chauffée au bain-marie avec une molécule

---

([2]) WEISSBERGER et BACH, *Ber. d. chem. Ges.*, 64, 1931, pp. 1095-1102; WEISSBERGER, *Journ. org. Chemistry*, 2, 1937, p. 245.

([3]) McCullough (*Journ. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 480) cite une communication privée de Weissberger d'après laquelle les dipolmoments électriques des deux bromures, le dl et le méso, présentent des écarts comparables, mais sans indiquer leurs points de fusion respectifs.

([4]) LUCAS, SCHLATTER et JONES, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 23; d'après *Chem. Zentr.*, 1942 II, p. 2354. Les diacétates des érythro- et thréopentanediols sont également transformés par BrH en dibromures, avec une seule inversion de Walden.

([5]) La même chlorhydrine a été préparée par Mlle Le Tellier et moi en faisant agir ClH sur l'ester sulfureux cyclique qui se forme dans l'action de $SOCl^2$ sur l'hydrobenzoïne.

de chlorure de thionyle, fournit exclusivement le *cis* chlorure de stilbène (F 192°).

*Bromo-2 diphényl-1.2 éthanol.* — Bromhydrine de l'hydrobenzoïne. Cette bromhydrine se forme plus facilement que la chlorhydrine; on dissout l'oxyde de stilbène dans la plus petite quantité d'éther et l'on agite cette solution à froid pendant deux heures avec un excès (60 à 70 %) d'acide bromhydrique (D = 1,38). Après lavage à l'eau puis au bicarbonate de sodium, on sèche et l'on évapore l'éther. Le résidu cristallise spontanément. On purifie par cristallisation dans l'éther de pétrole (F 86° paranitrobenzoate F 121-122°). Par action de KOH à froid sur la solution éthérée de cette bromhydrine, on régénère l'oxyde de stilbène initial fusible à 69° (trans). Après chauffage au bain-marie de la bromhydrine avec $Br^3P$, on isole le bromure de stilbène F 237°.

*Iodo-2 diphényl-1.2 éthanol.* — Iodhydrine de l'hydrobenzoïne ([5]). L'oxyde de stilbène, dissous dans la plus petite quantité d'éther, est agité pendant une heure ([4]) avec un très léger excès (10 à 20 %) d'une solution aqueuse d'acide iodhydrique renfermant $1240^g$ de IH par litre. La solution éthérée est lavée à l'eau puis à l'hyposulfite de sodium, au $CO^3NaH$ et encore à l'eau. On sèche et l'on évapore. Le résidu cristallise spontanément, et après plusieurs recristallisations dans l'éther de pétrole fond à 95-96°. Cette iodhydrine n'est pas très stable. A la longue ou immédiatement, par simple frottement ou par choc, ou encore sous l'influence du vide, elle se décompose avec libération d'iode et formation de stilbène. Par agitation avec une solution aqueuse concentrée de nitrate d'argent, il n'y a pas transposition du type hydrobenzoïnique avec formation d'aldéhyde diphénylacétique; on régénère le stilbène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles transpositions semihydrobenzoïnique et semipinacolique dans les séries du méthyl-2 — et de l'éthyl-2 phényl-1 butène-3 diol-1.2.* Note de M. **Yves Deux**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Dans nos recherches antérieures concernant l'influence qu'exercent les radicaux éthyléniques sur les mécanismes transpositeurs dans les diverses séries des α-glycols et de leurs dérivés, nous nous sommes toujours efforcé de réaliser les quatre réactions transpositrices jusqu'ici employées dans ce domaine : déshydratation de ces glycols, déshalogénation de leurs halohydrines, désamination des aminoalcools qui en dérivent, et enfin isomérisation des époxydes correspondants.

Nous avons tenu à procéder de même dans l'étude des transpositions auxquelles donnent lieu ces quatre réactions lorsqu'on les applique aux quatre composés qui en sont le point

de départ et qui dérivent des carbures $C^6H^5-CH=C(R)CH=CH^2$. Nous nous sommes proposé de comparer dans ces composés l'influence exercée par la nature des radicaux substituants, à savoir un phényle, d'une part, et, de l'autre, deux radicaux aliphatiques dont l'un est un radical non saturé, le vinyle, et le second un méthyle ou un éthyle.

I. *Série du méthyl-2 phényl-1 butène-3 diol-1.2*

$$C^6H^5-CHOH-COH(CH^3)CH=CH^2.$$

La déshydratation de ce glycol et l'isomérisation de l'époxyde correspondant nous ayant fourni antérieurement le phénylméthylvinylacétaldéhyde [1] par transposition semihydrobenzoïnique, il restait à étudier, dans cette série, la déshalogénation des halohydrines correspondantes, et la désamination des aminoalcools qui en dérivent. Nous n'avons pu effectuer ces deux réactions qu'avec les dérivés à hydroxyle tertiaire qui se sont montrés seuls abordables.

1° *Déshalogénation des halohydrines* $C^6H^5-CHX-C(OH)(CH^3)CH=CH^2$. *Formation de* $CH^2=CH(C^6H^5)CH-CO-CH^3$ (transposition semipinacol.).

*a. Déshalogénation argentique de l'iodhydrine* ($X=I$). — La solution éthérée de l'iodhydrine obtenue en faisant agir I et HgO sur le carbure diénique $C^6H^5-CH=C(CH^3)CH=CH^2$ a été, après lavage approprié, traitée directement par une solution concentrée de $NO^3Ag$. On obtient ainsi un produit $Éb_{14}$ 110-111°; $N_D^{29}$ 1,581, fixant le brome et donnant oxime (F 101-102°) et semicarbazone (F 138-139°); c'est la phényl-3 pentène-1 one-2; en effet son hydrogénation catalytique (Ni Raney) conduit au produit saturé correspondant (semicarbazone F 187-188°) qu'on a identifié avec $C^6H^5(C^2H^5)CH-CO-CH^3$, obtenu synthétiquement par oxydation acétochromique du carbinol résultant de l'action de $C^6H^5-CHMgBrC^2H^5$ sur $CH^3CHO$.

*b. Déshalogénation magnésienne de la chlorhydrine* ($X=Cl$). — Cette chlorhydrine a été obtenue par action de la chlorurée sur le même carbure diénique que ci-dessus. A la longue elle cristallise spontanément de sa solution cyclohexanique, F 84-85°. Par action d'une molécule de $BrMgC^2H^5$ puis chauffage, il y a perte de BrMgCl et formation de la cétone ci-dessus.

La phényl-3 pentène-1 one-2, obtenue dans ces deux déshalogénations, résulte d'une transposition semipinacolique avec migration préférentielle et exclusive du vinyle, celui-ci l'emportant ainsi sur le méthyle. D'autre part il découle de ces faits que les deux halohydrines, chlorhydrine et iodhydrine, possèdent un hydroxyle tertiaire, d'où l'on peut conclure que dans la fixation de XOH sur le diène initial, l'atome d'halogène s'est placé près du $C^6H^5$, si bien que la capacité affinitaire de ce radical est inférieure à celles du vinyle et du méthyle associées.

---

[1] Y. DEUX, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1017.

2° *Désamination nitreuse de* $C^6H^5CH(NH^2)-C(OH)(CH^3)CH=CH^2$ : *formation de phényl-3 pentène-1 one-4* (*transposition semipinacolique*). — L'aminoalcool a été préparé par chauffage en tube scellé (2 heures à 110-120°) de l'époxyde en présence d'un grand excès d'ammoniaque (picrate F 213-214°). La désamination par $NO^2H$ naissant, selon la technique habituelle, a fourni une cétone non saturée identique à celle ci-dessus décrite.

II. *Série de l'éthyl-2 phényl-1 butène-3 diol-1.2*

$$C^6H^5-CHOHCOH(C^2H^5)CH=CH^2.$$

Dans cette série on n'a examiné jusqu'ici ([2]) que la déshalogénation de l'iodhydrine, qui conduit au phényl-3 hexène-1 one-4 (transposition semipinacolique) et l'isomérisation de l'époxyde correspondant en phénylvinyléthylacétaldéhyde (transposition semihydrobenzoïnique); il restait donc encore à étudier la déshydratation du phénylvinyléthylglycol et la désamination d'un des deux aminoalcools du même type, celui qu'on obtient dans l'action de $NH^3$ sur l'époxyde.

1° *Déshydratation de l'éthyl-2 phényl-1 butène-3 diol-1.2*; *formation de phényl-2 éthyl-2 butène-3 al* (*transposition semihydrobenzoïnique*). — Ce glycol (F 93-94° di-*p*.nitrobenzoate F 107-108°) a été obtenu par action de l'eau acidulée (0,05 N) à 70-80° pendant 2 heures sur l'époxyde. La déshydratation qui a été effectuée par chauffage avec $SO^4H^2$ à 30 % fournit le phényl-2 éthyl-2 butène-3 al $É_{15}$ 116-117° (sa semicarbazone F 160° et son oxime F 98-99°).

Il y a donc transposition du type semihydrobenzoïnique et par conséquent élimination de l'hydroxyle tertiaire, ce qui permet de conclure que la capacité affinitaire du phényle est inférieure à celles du vinyle et de l'éthyle associées. Cette conclusion était déjà rendue probable par ce que nous savons à la fois sur l'isomérisation de l'époxyde saturé correspondant et sur la déshydratation du phényldiéthylglycol.

2° *Désamination nitreuse de* $C^6H^5-CH(NH^2)-C(OH)(C^2H^5)CH=CH^2$. — Cet aminoalcool a été obtenu à partir du même époxyde que ci-dessus en faisant agir $NH^3$ en tube scellé (picrate F 145-146° au bloc Maquenne). Par désamination nitreuse, on obtient un composé non saturé ($É_{15}$ 121-122°, semicarbazone F 148°, oxime F 99°) qui est identique à la phényl-3 hexène-1 one déjà obtenue antérieurement par déshalogénation de l'iodhydrine.

---

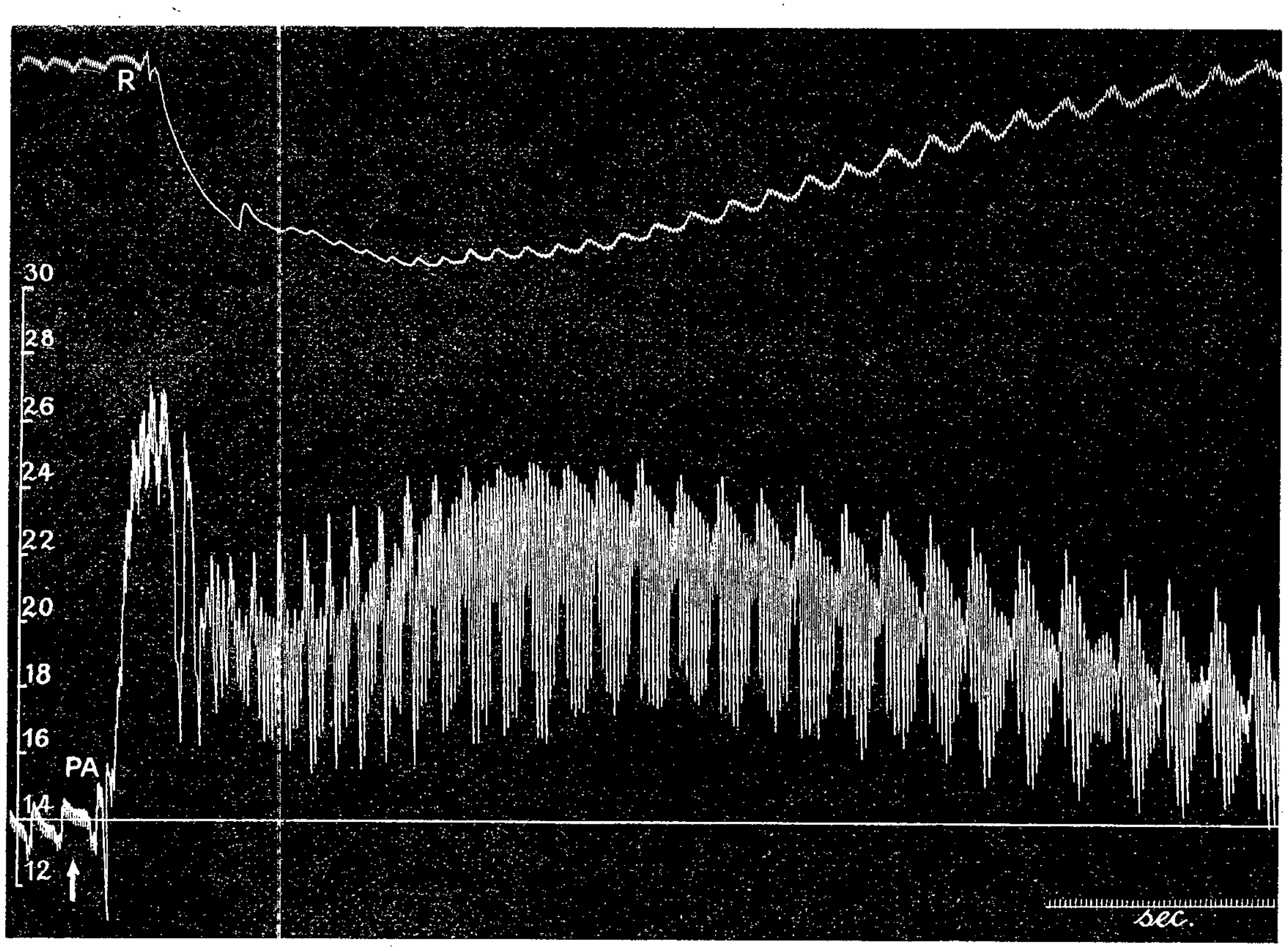
([2]) Y. DEUX, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1090.

PHARMACODYNAMIE. — *Effets sur la pression artérielle des produits de transformation des fonctions amines du para-aminobenzoyl-diéthylaminoéthanol.* Note de M. **René Hazard** et M^lle **Élisabeth Corteggiani**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

L'étude que nous avons entreprise des relations qui lient les actions physiologiques à la constitution du para-aminobenzoyl-diéthylaminoéthanol

$$NH^2-C^6H^4-COO-CH^2-CH^2-N(C^2H^5)^2$$

(dont le chlorhydrate est utilisé sous le nom déposé de *novocaïne* et que nous désignerons par les lettres P. A. D.) a porté tout d'abord sur les effets tensionnels des produits de transformation des deux fonctions amines.




*Action vasoconstrictive et hypertensive de l'iodométhylate de para-aminobenzoyl-diéthylaminoéthanol.*

Chien ♂, $7^{kg}$, chloralosé. Enregistrement de la pression carotidienne (PA) avec repère à $14^{cm}$ Hg et des variations du volume du rein (R); temps en secondes. A la flèche, injection intraveineuse de $1^{mg}$ par kg d'iodométhylate de para-aminobenzoyl-diéthylaminoéthanol.

1° *L'iodométhylate de P. A. D.*, obtenu par fixation de l'iodure de méthyle sur la fonction amine tertiaire (F 139°), soluble dans l'eau, provoque par injection intraveineuse chez le chien chloralosé, après un crochet d'hypotension plus ou moins marqué, une hypertension notable, avec vasoconstriction

périphérique, même à dose faible ($0^g,001$ par kilogramme). L'action n'est pas immédiatement renouvelable en général.

L'hypertension entraîne la bradycardie réflexe habituelle, que supprime la vagotomie ou l'action préalable de l'atropine. Sur le cœur soustrait à l'influence du vague, ou sur le cœur isolé, l'iodométhylate développe une action inotrope positive. Il se comporte essentiellement sur le cœur et la pression comme un sympathomimétique : l'effet hypertenseur qu'il provoque est supprimé, parfois même inversé par l'yohimbine; il s'accompagne d'hyperglycémie; il est dû en partie au moins à une décharge d'adrénaline, car il est diminué par surrénalectomie double. L'effet vasoconstricteur ne se manifeste sur les vaisseaux isolés que pour des doses élevées et d'une manière lente et non réversible par lavage.

Comme la nicotine, l'iodométhylate voit ses effets vasculaires supprimés par la spartéine, mais des doses élevées de celle-ci sont parfois nécessaires.

2° *L'ester acétique du P. A. D.* (F 74°), obtenu par acétylation de la fonction amine primaire (solubilisé par acidification légère), exerce une action hypotensive en général plus marquée pour les mêmes doses que le P. A. D.

3° *L'iodométhylate d'acétyl P. A. D.* (F 182-183°), obtenu par le blocage simultané des deux fonctions amines, soluble dans l'eau, n'exerce qu'un effet hypertenseur très faible, même à dose élevée ($0^g, 01$ par kilogramme).

Ainsi la transformation de la fonction amine tertiaire du P. A. D. en ammonium quaternaire produit une véritable inversion des effets de cet ester sur la pression artérielle, alors que l'acétylation de la fonction amine primaire respecte ou renforce au contraire les effets hypotenseurs. L'iodométhylation et l'acétylation simultanées enlèvent à la molécule presque toute activité sur la pression artérielle.

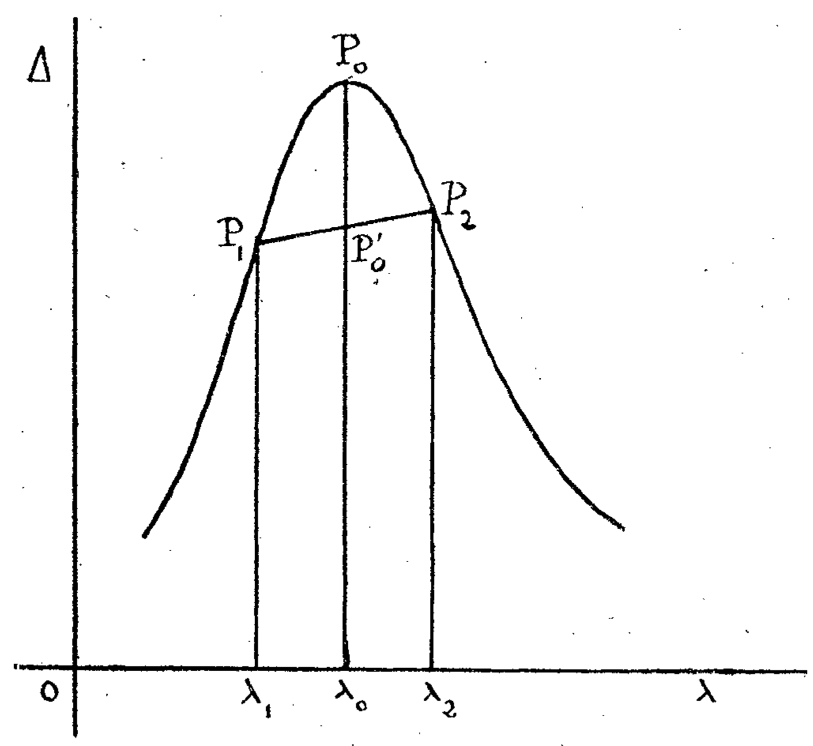
PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Dosage spectrophotométrique du calciférol en milieu organique complexe.* Note de M. **Michel Vacher** et M^lle **Yvonne Lortie**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans la réaction de la vitamine D sur le trichlorure d'antimoine en solution chloroformique, il apparaît une bande d'absorption vers 5000 Å, dont l'intensité atteint son maximum au bout d'un certain temps. Le présent travail précise ces connaissances et les utilise au dosage spectrophotométrique du calciférol en milieu complexe.

Par spectrophotométrie photographique, nous obtenons les courbes $\Delta = f(\lambda)$ donnant la densité du mélange réagissant en fonction de la longueur d'onde. Le réactif employé est une solution à 14,40 % en masses de trichlorure d'antimoine dans le chloroforme. A $2^{cm^3},5$ de réactif, on ajoute la prise d'essai ($1^{cm^3}$

de solution chloroformique). Le calciférol donne une bande large de 452 Å, dont, au cours du temps, la densité croît, atteint, pour la longueur d'onde $\lambda_0$ 5000 Å, sa valeur maximum correspondant au coefficient $E_{1\,cm}^{1\%}$ 245, quatre minutes après le déclenchement de la réaction, puis décroît. La plupart des impuretés des extraits sont des stérols, qui réagissent presque tous dans les conditions de l'expérience.

Une première sélection du calciférol est obtenue par photométrie hétéro-




chrome en bande étroite : au lieu de mesurer la densité totale $\Delta_0$ pour la longueur d'onde $\lambda_0$, nous mesurons la différence $d\Delta$ entre $\Delta_0$ et la densité $\Delta_m$ moyenne arithmétique des densités $\Delta_1$ et $\Delta_2$ correspondant respectivement aux longueurs d'onde $\lambda_1$ et $\lambda_2$ convenablement choisies de part et d'autre de $\lambda_0$. Ceci revient à mesurer, sur la courbe $\Delta = f(\lambda)$, la flèche $P'_0 P_0$ de l'arc $P_1 P_2$, où $P_0$ est le point de la courbe d'abscisse $\lambda_0$ et $P_1$, $P'_0$, $P_2$, les points de la corde d'abscisses respectives $\lambda_1$, $\lambda_0$, et $\lambda_2$. Cette méthode élimine l'influence des impuretés dans la mesure où, dans la bande $\lambda_1 - \lambda_2$, la courbe de leur absorption propre peut être confondue avec la corde $P_1 P_2$, ce qui peut être obtenu en réduisant suffisamment la bande $\lambda_1 - \lambda_2$. Mais nous perdons en sensibilité ce que nous gagnons en sélectivité : la bande $\lambda_1 - \lambda_2$ doit être choisie d'autant plus étroite que l'extrait est plus impur. Dans les extraits moyens nous avons utilisé la bande comprise entre $\lambda_1$ 4874 et $\lambda_2$ 5125 Å. Cette méthode apprécie en outre l'importance du rôle des impuretés : l'inclinaison et la vitesse de basculement de la corde $P_1 P_2$ au cours de la réaction sont d'autant plus grandes que les bandes parasites sont plus importantes et plus proches.

Une seconde sélection du calciférol est obtenue par l'étude de la variation de $d\Delta$ au cours de la réaction. Pour des mélanges complexes, la courbe peut être considérée comme provenant de la superposition de la courbe propre du

calciférol, avec une pointe vers 4 minutes, et d'une courbe de dérive d'allure hyperbolique, croissante à variation lente et régulière. On mesure la différence $d\Delta_0$ entre la valeur maximum de $d\Delta$ et sa valeur pour l'instant 15 secondes.

Certaines substances souillant l'extrait réduisent fortement l'intensité de la bande d'absorption du calciférol : on doit éviter l'introduction de ces inhibiteurs; mais leur élimination ne peut être ni totale ni même égale pour toutes les opérations; d'autre part, l'extrait contient des inhibiteurs qui, initialement contenus dans l'échantillon, ont suivi le calciférol au cours de l'extraction. Nous avons vérifié que l'inhibition conserve le caractère linéaire de la courbe d'étalonnage $d\Delta_0 = f(m)$, où $m$ est la masse de calciférol mise en œuvre dans la réaction; pour affranchir le dosage de l'influence des inhibiteurs, nous répétons les opérations sur six fractions de l'extrait additionnées respectivement, l'une de chloroforme, les autres de solutions chloroformiques de même volume contenant des quantités de calciférol telles que 10, 20, 30, 40 et $50^{\mu g}$. On construit ensuite la droite d'étalonnage $d\Delta_0 = f(m)$; son abscisse à l'origine mesure la masse de calciférol contenue dans l'une des fractions avant addition : dans ces conditions, l'inhibition ne fait que réduire la précision des mesures, sans altérer la valeur moyenne des résultats.

En résumé, la méthode met en œuvre une double sélection, en longueurs d'onde et en temps, dont la valeur est contrôlée dans chaque cas particulier; elle est affranchie de l'influence des inhibiteurs; avec un extrait de qualité moyenne, elle permet d'effectuer le dosage sur $10^{\mu g}$ de calciférol.

BACTÉRIOLOGIE. — *Cause de la résistance au sulfamide de certaines infections.* Note de M. **René Legroux**, présentée par M. Léon Binet.

Après les travaux de J. et Th. Tréfouël, Nitti et Bovet [1], il a été possible d'étudier, *in vitro*, l'action bactériostatique de la molécule paraminophénylsulfamide; on put s'assurer que cette action est générale pour tous les microbes, bactéries, champignons ou protozoaires, à des doses variables pour chacun il est vrai. Lors de l'application à la clinique de cet agent thérapeutique (1162F), on enregistra de remarquables succès dans certaines graves infections à streptocoque ou méningocoque, alors que dans d'autres à pneumocoque, staphylocoque ou b. tuberculeux l'action du médicament était faible ou nulle. On attribua ces échecs à une *résistance propre au microbe*; on a cherché à vaincre cette résistance, soit en augmentant les doses du

[1] *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 756.

médicament, soit en utilisant de nouveaux corps contenant la fonction sulfamide; les résultats thérapeutiques restèrent insuffisants.

Nous pensons au contraire que la cause première de ces insuccès de la sulfamidothérapie réside dans les caractères particuliers de la *lésion engendrée par le microbe* ([2]).

On sait que, *in vivo*, l'activité sulfamidienne s'exerce par la voie sanguine qui véhicule la molécule antibactérienne; or dans la lésion qu'il a provoquée, e microbe est le plus souvent soustrait à l'action sanguine par suite, d'une part, de la nécrose des tissus où il est cantonné et, d'autre part, de l'oblitération des capillaires sanguins au pourtour de la lésion; donc le sulfamide ne peut arriver au contact du microbe infectieux.

Nous avons alors utilisé l'action congestive focale bien connue de l'iode pour permettre au sulfamide du sang d'approcher le centre du foyer infectieux. Depuis deux années cette méthode a été appliquée au traitement d'infections collectées à staphylocoques, à pneumocoques, ou à d'autres bactéries diverses. L'activité thérapeutique est cliniquement démontrée par la disparition rapide de la douleur au niveau du foyer infectieux, par la chute rapide de la température, enfin par la modification de la lésion : si celle-ci est externe, on la voit sécher et cicatriser après 6 à 10 jours, interne elle cesse de s'accroître. L'opération chirurgicale, complément alors indispensable, se pratiquera sans crainte d'infection seconde ([3]).

Des essais entrepris sur les infections à Bacilles lépreux, avec M. Sezary, nous ont montré les actions d'arrêt et de cicatrisation du traitement iode-sulfamide; mais dès la cessation du traitement, la lésion reprend son évolution ou s'ulcère à nouveau. D'autres essais, plus encourageants, ont eu pour but le traitement de lésions cutanées non ulcérées, de type sarcoïde, dues au Bacille de Koch, lésions diagnostiquées par l'histologie et l'inoculation au Cobaye : ces lésions ont régressé sous l'influence du traitement iode-sulfamide et ont disparu depuis plus d'un an.

Pour atteindre plus sûrement le Bacille tuberculeux dans sa lésion, nous avons pensé utiliser le pouvoir congestif spécifique de substances tirées des cultures de Bacilles de Koch, substances que l'on s'accorde, jusqu'à présent, à qualifier de tuberculiniques. Incorporées à des corps gras, d'après la méthode Le Moignic, afin d'éviter leur activité brutale, et inoculées sous la peau, nous pensons ainsi maintenir l'action congestive focale spécifique pendant la durée du traitement sulfamidien à hautes doses; nos premiers résulats sont plus satisfaisants qu'avec l'iode-sulfamide. Ici encore le traitement chirurgical

---

([2]) *C. R. Acad. Chir.*, 67, 1941, p. 352.

([3]) *C. R. Acad. Chir.*, 69, 1943, pp. 191-193.

devra compléter la chimiothérapie lorsque l'activité du médicament aura été démontrée par des signes subjectifs et objectifs.

Cette méthode thérapeutique est donc basée : 1° sur la connaissance de la biologie de chaque bactérie cause de l'infection, qui commandera les doses journalières et la durée du traitement ([4]); 2° sur la connaissance du processus histologique habituel d'évolution de la lésion infectieuse à traiter; 3° sur les actions déjà connues mais insuffisantes jusqu'alors, de certaines médications, chimiques ou biologiques ([5]), que l'on doit allier au sulfamide; 4° sur les actions qui doivent être conjuguées du sulfamide et des moyens de défense normaux de l'organisme, défenses qui le plus souvent auront leur plein effet après l'exérèse chirurgicale du foyer.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

---

([4]) *C. R. Acad. Chir.*, **69**, 1943, p. 196.
([5]) *Presse médicale*, 1933, n° 6, p. 118; *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 345.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MERCREDI 16 JUIN 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

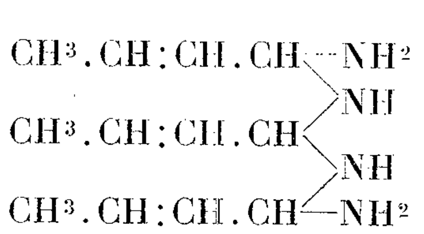
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Charles Fabry** fait hommage à l'Académie du Volume III d'un Ouvrage intitulé *Correspondance du Grand Ampère*, publiée par **Louis de Launay**, sur l'initiative de la Société des Amis d'André-Marie Ampère, avec le concours du fonds Loutreuil et du Ministère de l'Éducation Nationale.

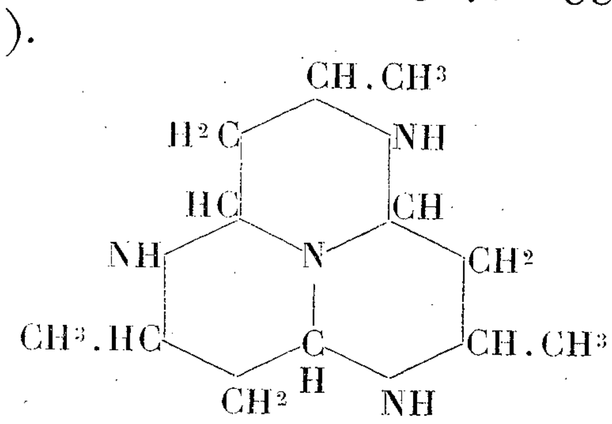
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des tricrotonylidènetétramines.* Note de M. **Marcel Delépine**.

De l'existence des dérivés trinitrosés et trichlorés à l'azote des tricrotonylidènetétramines (1) il découle que ces bases ne sauraient avoir la constitution que Würtz avait supposée (I). Cette impossibilité résulte encore de la constatation qu'elles ne fixent pas d'hydrogène, ni en présence de nickel Raney, ni en présence de platine; de même Dubsky, Hoher et Dingemause (2) rapportent n'avoir pu fixer l'acide cyanhydrique sur l'hexaéthylidènetétramine (qui n'est autre que la tricrotonylidènetétramine *a*); ce qui implique l'absence de doubles liaisons.

D'autre part, le caractère d'une combinaison d'aldéhyde et d'ammoniaque qui les apparenterait avec les substances similaires, telles que l'hexaméthylènetétramine, l'aldéhydate d'ammoniaque, les hydramides, doit être écarté; car les acides (acide sulfurique au demi ou chlorhydrique), même à chaud, n'en séparent pas l'ammoniaque et l'aldéhyde crotonique. Sans avoir fait aucune tentative pour le démontrer, j'avais, dans mon travail de 1907, suggéré comme vraisemblable une formule telle que (II).



(I)

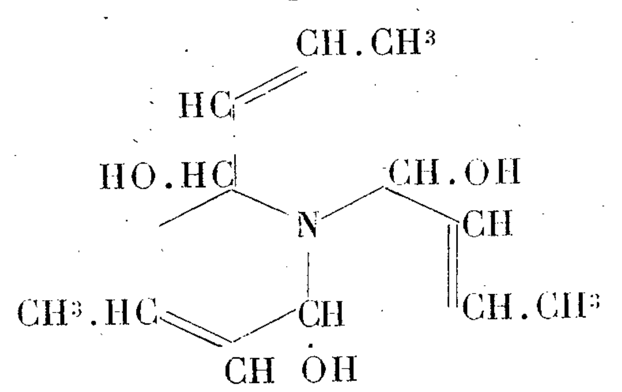


(II)

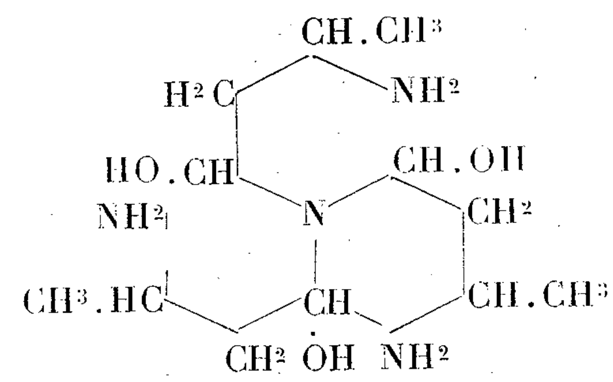
---

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, pp. 649 et 697.
(2) *Ber. der chem. Ges.*, 54, 1921, p. 2674.

Une telle formule explique l'existence de dérivés trinitrosés et trichlorés à l'azote et doit se comporter comme saturée. On peut traduire son édification par le processus suivant : trois molécules d'aldéhyde crotonique forment avec une d'ammoniaque un aminotriol (III), qui fixe une molécule d'ammoniaque en β sur chacune de ses doubles liaisons pour donner (IV); ou bien, après fixation préalable de $NH^3$ sur la double liaison, on aurait de l'aldéhyde β-aminocrotonique dont trois molécules s'uniraient par les fonctions aldéhydiques à une molécule d'ammoniaque pour aboutir au même corps (IV) :




(III)




(IV)

Ce corps (IV) paraît correspondre au produit primaire visqueux qu'il faut soumettre au chauffage pour le transformer en tricrotonylidènetétramines; il y aurait alors élimination d'eau entre les groupes CH.OH et $NH^2$ pour aboutir à (II). Les deux stades observés dans la formation sont ainsi expliqués. On pourrait imaginer une fixation d'ammoniaque en α; dans ce cas, on aurait une formule avec trois noyaux pentagonaux, $\begin{matrix}CH^2\\NH\end{matrix}{>}CH.CH^3$ étant changé en $NH{>}CH.CH^2.CH^3$. Ainsi qu'on le verra plus loin, l'oxydation ne donne que de l'acide acétique sans trace d'acide propionique; la supposition d'une fixation en α doit donc être rejetée.

L'action du permanganate de potassium conduit à des résultats intéressants. Kudernatsch avait mentionné que ce réactif, à chaud, donnait de l'aldéhyde et de l'azote, et qu'à froid il ne décomposait que lentement son hexaéthylidènetétramine, ce qui ne renseigne évidemment en rien.

Le permanganate en solution acidifiée par l'acide sulfurique n'est pas décoloré à froid, nouvel indice de saturation; si l'on chauffe au bain-marie, la réduction est rapide; on trouve de l'acide acétique si l'on distille.

Si l'on opère en milieu neutre ou alcalin, il y a une réduction immédiate, suivie d'une action plus lente qu'on peut suivre pendant plusieurs jours par des additions successives de l'oxydant. Si l'on a ajouté 4 à 5 fois autant de permanganate qu'on a pris de base hexahydratée avec $1^{cm^3}$ de lessive de potasse par gramme, on obtient une liqueur qui ne contient plus tout à fait, après kjeldahlisation, l'azote ammoniacal primitif, une partie étant oxydée (on retrouve, par exemple, 14-15 % d'azote, au lieu de 16,8 % que contenait la base), tandis qu'on peut distiller directement sous forme d'ammoniaque du quart au tiers de l'azote de la tricrotonylidènetétranime; cette distillation est

suivie pendant longtemps du passage fort lent d'un corps basique (ammoniaque provenant d'une hydrolyse?). La solution contient beaucoup d'acétate et d'oxalate de potassium, sensiblement molécule à molécule, comme on doit s'y attendre d'un corps qui représente de l'aldéhyde crotonique en puissance.

Il a été vérifié avec grand soin que l'acide acétique était le seul acide volatil (procédé classique de Duclaux et teneur en baryum du sel de baryum); ainsi se trouvent exclues les formules qui contiendraient les groupements $CH.C^2H^5$ générateurs d'acide propionique. A partir de ces liquides fortement oxydés, après enlèvement de l'acide acétique, de l'acide oxalique, du potassium, on n'a pu aboutir à l'obtention nette d'acide β-aminobutyrique, tout en ayant eu des substances dissolvant l'hydrate cuivrique avec une belle couleur bleue.

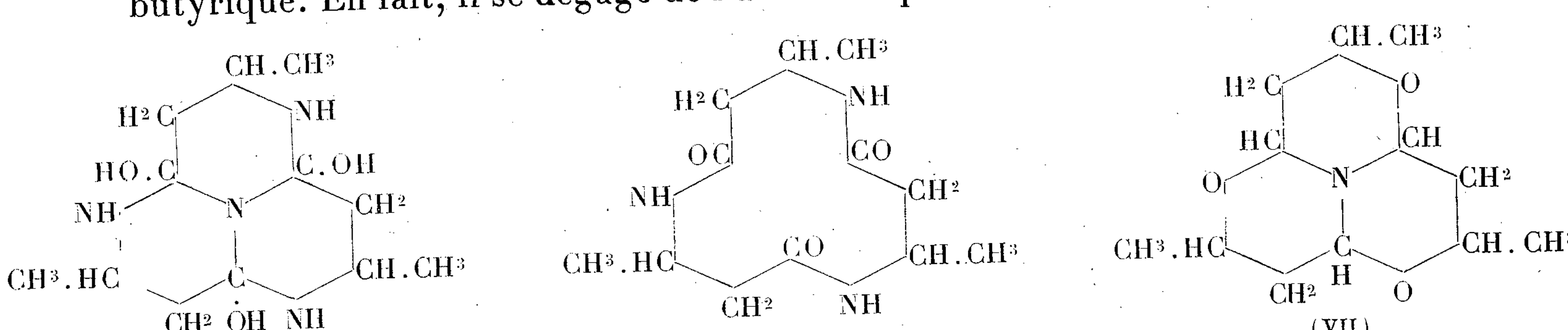
Ce résultat a été atteint par une oxydation ménagée de la base *a* (13g,3 de base hexahydratée et 13cm³ de lessive de potasse dans 300g d'eau, avec 16g,6 de $MnO^4K$ dans 500g d'eau et addition de glace pour rester peu au-dessus de 0°). La réduction est presque instantanée; il ne se fait que des traces d'acide oxalique, mais il y a déjà de l'ammoniaque de séparée (1/7 environ). Le liquide filtré d'avec l'oxyde de manganèse est alors traité par un courant de gaz carbonique et distillé à sec dans le vide, ce qui laisse du bicarbonate mêlé de carbonate de potassium imprégné des produits d'oxydation. On reprend le résidu par 150cm³ d'alcool à 96° employé à chaud en 3 ou 4 fois; les liqueurs alcooliques filtrées étant alors évaporées au bain-marie après addition d'un peu d'eau laissent séparer de très fines aiguilles très peu solubles; si l'on enlève celles-ci et recommence l'évaporation après addition d'un peu d'eau, il en réapparaît à plusieurs reprises. Il s'en forme aussi parfois lors de l'évaporation après addition dans le vide, ce dont on s'aperçoit lorsqu'on dissout le carbonate de potassium épuisé par l'alcool, et c'est même ainsi que mon attention fut attirée sur leur présence. Finalement j'ai eu l'impression que, là aussi, il il y avait deux temps, le corps peu soluble se formant sous l'influence de la chaleur aux dépens d'un produit primitif d'oxydation soluble. On active effectivement cette transformation en chauffant à 130° pendant une demi-heure l'extrait alcoolique évaporé, puis étendu de son volume d'eau; le liquide refroidi laisse cristalliser d'abondantes aiguilles qu'il suffit d'essorer, de laver à l'eau, à l'alcool, puis à l'éther pour les avoir incolores, pures. Un nouveau chauffage n'en fournit plus; on en récolte ainsi 7 à 8 % du poids de la base hexahydratée soumise à l'oxydation.

L'analyse des aiguilles a conduit exactement à la formule $C^4H^7ON$, c'est-à-dire à celle d'un anhydride de l'acide β-aminobutyrique. C'est un corps bien singulier, pour ainsi dire insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, l'acétone, le camphre, le chloroforme, la pyridine, l'acide acétique froids et s'y dissolvant à peine à l'ébullition, ce qui empêche d'en prendre le poids moléculaire. Chauffé, il se sublime, sans fondre, en une masse lanugineuse et volumineuse de fines aiguilles, presque sans décomposition. Bouilli avec la soude alcoo-

lique pendant 2 heures, il reste inaltéré. Arrosées d'acide chlorhydrique, les fines aiguilles se changent en petits prismes parallélépipédiques plus épais (au microscope); si l'on ajoute assez d'acide, il y a une solution complète qui supporte l'addition d'un peu d'eau; l'évaporation de cette solution dans le vide laisse des cristaux bien formés avec une augmentation de poids correspondant exactement à la composition $C^4H^7ON$, ClH. Au contact de l'eau ces cristaux se dissocient en redonnant des aiguilles d'anhydride.

Chauffé une demi-heure avec ClH au demi à 130°, l'anhydride reste en grande partie inaltéré. Il a fallu chauffer 1 h. 15 min. à 130°, $1^g$ avec $6^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique et $4^{cm^3}$ d'eau pour obtenir une transformation des 9/10. En évaporant ensuite à sec et reprenant par l'eau, puis filtrant, on obtient le chlorhydrate d'acide β-aminobutyrique. Pour apporter la preuve définitive, on a traité ce chlorhydrate dissous dans l'eau par l'oxyde d'argent en excès, filtré, décomposé le sel d'argent soluble par l'hydrogène sulfuré, filtré à nouveau et évaporé à tout petit volume. On a obtenu une masse cristalline, très soluble dans l'eau, très peu soluble dans l'alcool froid, contenant 13,54 % d'azote au lieu de 13,59 % requis pour l'acide β-aminobutyrique, ayant PF 190°, conforme aux données connues. En outre cet acide aminé donne, avec une suspension d'hydrate cuivrique, de beaux petits cristaux bleus en tous points comparables à ceux de l'acide β-aminobutyrique issu de l'union de l'ammoniaque avec l'acide crotonique.

Pour expliquer ces réactions relativement singulières, on peut faire la supposition que l'oxydation modérée de la tricrotonylidènetétramine change le $\rightarrow$CH aldéhydique en $\rightarrow$C.OH de nature acide. Il en résulterait le corps (V), qui serait soluble; c'est celui-ci qui, lors du chauffage, perdrait de l'ammoniaque formée aux dépens de l'azote central et de l'hydrogène des 3 $\rightarrow$C.OH, d'où un trimère (VI) de l'anhydride de l'acide β-aminobutyrique. En fait, il se dégage de l'ammoniaque.




(V) (VI) (VII)

Avec la base *b*, je n'ai pas réussi à obtenir le susdit anhydride.

Ajoutons encore que, si les acides ne décomposent pas les tricrotonylidènetétramines, comme les combinaisons dites aldéhydates d'ammoniaque, ils décomposent leurs dérivés nitrosés en redonnant instantanément de l'aldéhyde crotonique; il y a formation transitoire d'une combinaison, non isolable, ayant la formule (VII), par suite du changement de $>$N.NO en O + $N^2$. Ce corps (VII), par perte d'ammoniaque, donne de l'aldéhyde crotonique.

Les tricrotonylidène-tétramines, chauffées progressivement de 160° à 250-280°, s'altèrent profondément; il y a perte d'ammoniaque, puis distillation de bases contenant surtout de l'aldéhyde-collidine (méthyl-2 éthyl-5 pyridine); il s'en forme 10 % environ; il reste une résine basique foncée d'odeur opiacée. Il est évident que les rapports entre la collidine et les tricrotonylidènetétramines ne sauraient se déduire des constitutions de ces bases.

Enfin l'isomérie des bases *a* et *b* provient de ce que, dans la formule (II), les 3 $CH^3$ sont d'un même côté du plan général pour l'une des bases, alors que dans l'autre, il y en a deux au-dessus et un en dessous (ou un au-dessus et deux en dessous, ce qui donne l'antipode). On fait ici la supposition que les trois anneaux sont dans un même plan; si l'azote orientait ses trois anneaux suivant trois valences issues d'un centre tétraédrique, formant avec les trois anneaux une sorte de « parasol » à trois pans, il y aurait théoriquement d'autres isomères, mais il est possible que même dans ce cas leur nombre se restreigne à deux (chacun des isomères envisagés ayant son énantiomorphe, naturellement). Si l'on suppose des chances égales pour les fixations d'ammoniaque lors du passage de (III) à (IV) pour former les centres d'asymétrie $>CH.CH^3$, on trouve qu'il y a trois fois plus de chances pour avoir des combinaisons avec 2 $CH^3$ d'un côté et un de l'autre du plan, que pour les avoir avec 3 $CH^3$ du même côté. Cela répondrait aux proportions de 3 à 1 trouvées entre la base *b* et la base *a*; cette dernière serait celle qui possède les 3 $CH^3$ d'un même côté.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le traitement du lait par le procédé Hofius-Richter-Crespi.* Note (¹) de M. **Costantino Gorini.**

Le procédé Hofius-Richter-Crespi, qui est mis en œuvre à Milan auprès de l'*Azienda Latte* O, consiste dans une pasteurisation combinée du lait à 55° C. pendant 5 heures sous pression d'oxygène à $10^{atm}$.

Sur la base du contrôle bactériologique fait pendant une année entière sur ce lait O recueilli aseptiquement, j'ai reconnu dans ce procédé une bivalence antimicrobique caractéristique, qui le distingue de la pasteurisation ordinaire. Ce procédé, outre la faculté germicide, possède une *faculté inhibitoire physioenzymatique sélective* sur la microflore survivante; cette microflore constitue, surtout par sa qualité, le point faible de tout lait pasteurisé, car elle influe soit sur sa conservabilité, soit sur ses propriétés organoleptiques et hygiéniques alimentaires.

Dans le lait O, la microflore survivante, quoiqu'elle soit assez variable comme quantité et comme qualité, se montre régulièrement paralysée dans ses fonctions lactoclastiques, protéolytiques et gazogènes, tandis qu'elle maintient, quoique atténuée, la fonction glycolytique acidogène non gazo-

(¹) Séance du 3 mai 1943.

gène. Ce phénomène, qui révèle dans le procédé un mécanisme spécial d'action d'ordre enzymatique, explique pourquoi le lait O recueilli aseptiquement, lorsqu'il commence à s'altérer pour être maintenu trop longuement au dehors de l'autoclave, n'est pas exposé à des processus dangereux de désintégration protéique, mais ordinairement s'acidifie normalement et légèrement avec un caillot doux, compact et homogène, sans brésillement gazogène, ni sérification caséolytique, ni goûts anormaux comme le bon lait cru.

Ce comportement habituel du lait O est relativement indépendant de sa consistance microbienne suivant la saison et l'alimentation des vaches; il est pourtant lié à l'oxygénation. La conservabilité du lait O est d'autant plus prolongée que son contact avec l'oxygène a été plus fort et plus intime, ce qui est en rapport avec le degré et la durée de la pression d'oxygène, avec le pourcentage d'oxygène introduit dans l'autoclave et avec le nombre des tours que l'on fait faire à l'autoclave, qui est pourvu d'un disque criblé.

L'ensemble de ces résultats est une belle et heureuse confirmation des recherches fondamentales de Paul Bert ([2]), qui a fait les constatations suivantes : 1° que le lait par l'oxygène comprimé présente beaucoup plus lentement l'acidification lactique; 2° que l'air comprimé empêche le lait de se putrifier, mais non de se coaguler; 3° que l'air, ainsi que tout autre mélange de gaz contenant de l'oxygène, entrave le développement des microbes, à mesure que la pression partiale de l'oxygène est augmentée par la compression. Son élève J. Wosnessenski ([3]) a ensuite démontré que l'action de l'oxygène comprimé est favorisée par la chaleur.

M. **Charles Jacob** offre à l'Académie, de la part de M. **Maurice Gignoux**, la troisième édition d'un Ouvrage intitulé *Géologie stratigraphique*.

## ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Émile Jeanbrau** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. **Simon Flexner**, élu Associé étranger.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Léon Moret. *Manuel de Paléontologie végétale* (présenté par M. Charles Jacob);

---

([2]) *Comptes rendus*, **77**, 1873, p. 534; **80**, 1875, p. 1579.

([3]) *Comptes rendus*, **98**, 1884, p. 314.

2° LÉON MORET. *Manuel de Paléontologie animale* (présenté par M. Charles Jacob).

M. **FRÉDÉRIC JOLIOT** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par la mort de M. *Édouard Branly*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la torsion des courbes gauches.* Note [1] de M. **ROGER HURON**.

1. *Hélices associées et torsion de certains ensembles.* — On peut en chaque point M d'une courbe gauche (Γ) associer à cette courbe une hélice circulaire et une seule passant par M, ayant même cercle de courbure et même torsion que la courbe en ce point.

Cette hélice appartient à la famille d'hélices circulaires qui admet avec (Γ) en M un contact du second ordre, mais elle est caractérisée par ce fait que si l'*on coupe* (Γ) *et* (H) *en* M′ *et* $M'_1$ *par un plan parallèle au plan normal et voisin de* M, *le support du vecteur* $\overrightarrow{M'M'_1}$ *est parallèle à la normale principale.*

Considérons alors un ensemble (E) ayant en M un point d'accumulation, à demi-tangente unique et à contingent circulaire unique (C). Soit Δ la demi-normale positive menée en M au cercle (C) dans son plan. Les hélices passant par M et admettant en ce point (C) pour cercle de courbure forment une famille (F) à un paramètre qui engendre autour de M une calotte (S). Par un point $M_i$ de l'ensemble (E), voisin de M, menons une parallèle à Δ, elle perce (S) en M′. Par M′ passe une hélice (H) de la famille (F). Si la position limite de (H) est indépendante de la suite des points $M_i$ qui tendent vers M, on peut dire que la torsion de (H) est la torsion de l'ensemble au point M.

Si l'ensemble est une courbe ordinaire, la torsion ainsi définie en un point M de la courbe est la torsion ordinaire.

2. *Généralisation de certaines propriétés de contact.* — En étudiant les rapports de la courbe (Γ) et du cylindre circulaire qui porte (H), et en généralisant, on démontre facilement la propriété suivante :

*Soient donnés une surface* (S), *un point* M *de cette surface et une section plane de* (S) *passant par* M; *soit donnée d'autre part une courbe* (Γ) *passant par* M *et ayant en* M *le même cercle osculateur que la section plane donnée. Cela posé, la courbe* (Γ′) *projection sur la surface* (S) *de la courbe* (Γ), *projection faite parallèlement à la normale principale en* M *de la courbe* (Γ), *a en commun avec* (Γ) *le cercle osculateur et la torsion.*

En prenant le cas particulier où (S) est une sphère, on arrive au résultat suivant :

---

[1] Séance du 10 mai 1943.

*Si une courbe* ($\Gamma$) *tracée sur un cylindre* ($\Sigma$) *a en* M *son plan osculateur tangent à ce cylindre, les sphères* (S) *passant par le cercle osculateur de* ($\Gamma$) *en* M *coupent* ($\Sigma$) *suivant des courbes* ($\Gamma'$) *ayant même cercle de courbure et même torsion que* ($\Gamma$) *en* M.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation des fonctions d'une variable réelle en séries trigonométriques plus générales que les séries de Fourier.* Note de M. **Marcel Bayard**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On sait que, suivant un procédé dû à Cauchy (cf. Picard, *Traité d'Analyse*, 3^e^ édition, t. II, p. 187 et suiv.), il est possible d'obtenir des développements en séries d'exponentielles d'une fonction d'une variable réelle $x$ donnée, qui peuvent s'écrire

$$f(x) = \sum_{\nu=-\infty}^{+\infty} \rho_\nu \int_{x_0}^{x_1} e^{\lambda_\nu(x-\xi)} f(\xi)\, d\xi, \tag{1}$$

où les nombres $\lambda_\nu$ sont les racines d'une équation transcendante [donnée indépendamment de la fonction $f(x)$]

$$\pi(\lambda) = 0, \tag{2}$$

et où les nombres $\rho_\nu$ sont les résidus correspondants de la fonction analytique

$$\frac{\psi(z)}{\pi(z)},$$

formée par le rapport de deux fonctions holomorphes $\psi(z)$ et $\pi(z)$ telles que

$$\pi(z) = \psi(z) - \psi(-z),$$

et que, d'autre part, quand $z$ tend vers l'infini, suivant une direction comprise dans le demi-plan de droite de la variable $z$,

$$\frac{\psi(z)}{\pi(z)} e^{z(x-x_0)} \to 0, \qquad \frac{\psi(-z)}{\pi(-z)} \to 1; \tag{3}$$

les deux limites étant atteintes d'une manière uniforme.

La première de ces conditions définit la grandeur $x_1 - x_0$ de l'intervalle $(x_0, x_1)$ de la variable $x$ dans lequel le développement (1) est valable.

Si les racines de l'équation (2) sont imaginaires pures, soit $\lambda_\nu = j\omega_\nu$ la série (1) est une série trigonométrique.

L'élément de rang $\nu$ de cette série est la somme de deux termes respectivement en $\sin \omega_\nu x$ et $\cos \omega_\nu x$ avec des coefficients bien déterminés, autrement dit représente une fonction circulaire de pulsation $\omega_\nu$, définie par l'équation (2), et de phase $\varphi_\nu$ également bien déterminée en fonction de $\omega_\nu$ et de $f(x)$.

Nous nous proposons de montrer que, sous réserve de réduire l'intervalle dans lequel on veut représenter la fonction $f(x)$, on peut déterminer des séries trigonométriques dont les termes aient les mêmes pulsations $\omega_\nu$, mais, de

plus, aient des phases $\varphi_\nu$ choisies arbitrairement, indépendamment des fonctions $f(x)$ et $\pi(z)$.

Nous définirons les nombres $i\varphi_\nu$ comme les valeurs prises par une fonction analytique $r(z)$ pour $z = \lambda_\nu$.

Considérons la fonction analytique de $z$ et d'un paramètre réel $x$,

$$G_x(z) = \frac{\psi(z)}{\pi(z)} \int_{x_0}^{x_2} e^{z(x+\xi-2x_0)+2r} f(\xi)\, d\xi.$$

On vérifie aisément que, sous certaines conditions, le produit $z\,G_x(z)$ tend uniformément vers zéro quand $z$ va à l'infini suivant une direction quelconque comprise dans un angle qui ne contient pas l'axe imaginaire. C'est la conséquence des conditions (1), sous réserve que

$$x_2 - x_0 = \frac{1}{2}(x_1 - x_0)$$

et que le rapport $r/z$ tende uniformément vers zéro quand $z$ va à l'infini.

Sous ces conditions la série formée par la somme des résidus de la fonction $G_x(z)$ est donc nulle, c'est-à-dire que

$$(4) \qquad 0 = \sum_{\nu=-\infty}^{+\infty} \rho_\nu \int_{x_0}^{x_2} e^{\lambda_\nu(x+\xi-2x_0)+2i\varphi_\nu} f(\xi)\, d\xi,$$

série dans laquelle $\lambda_\nu$ et $\rho_\nu$ ont les mêmes valeurs que dans la série (1).

Dans le domaine restreint $(x_0, x_2)$ la série (1) a pour valeur $f(x)$, même si l'on prend des valeurs arbitraires de $f(\xi)$ dans le champ d'intégration $(x_2, x_1)$, en particulier si dans ce domaine on prend

$$f(\xi) \equiv 0,$$

c'est-à-dire

$$(5) \qquad f(x) = \sum_{\nu=-\infty}^{+\infty} \rho_\nu \int_{x_0}^{x_2} e^{\lambda_\nu(x-\xi)} f(\xi)\, d\xi.$$

Dans les conditions de convergence considérées, on peut ajouter les séries (4) et (5) terme à terme. Considérant l'identité

$$\begin{aligned} &4\cos[\omega_\nu(x - x_0) + \varphi_\nu]\cos[\omega_\nu(\xi - x_0) + \varphi_\nu] \\ &\quad = e^{+i\omega_\nu(x-\xi)} + e^{-i\omega_\nu(x-\xi)} + e^{+i\omega_\nu(x+\xi-2x_0)+2i\varphi_\nu} + e^{-i\omega_\nu(x+\xi-2x_0)-2i\varphi_\nu}; \end{aligned}$$

nous en déduirons que, pourvu que les racines de l'équation (2) soient deux à deux conjuguées, en groupant les termes correspondants, il viendra

$$f(x) = \sum_{\nu=0}^{\infty} 4\rho_\nu \cos[\omega_\nu(x - x_0) + \varphi_\nu] \int_{x_0}^{x_2} \cos[\omega_\nu(\xi - x_0) + \varphi_\nu] f(\xi)\, d\xi,$$

formule qui répond à la question que nous nous sommes posée et qui est valable dans la moitié du domaine de validité de la série de Cauchy.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Cols soniques en série.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude des souffleries supersoniques conduit à examiner dans quelles conditions deux étranglements $s_2$ et $s_6$, situés en série sur un même écoulement gazeux permanent, peuvent constituer des cols soniques simultanés.

Nous envisagerons seulement l'hypothèse d'un écoulement adiabatique et le cas particulier de l'air ($\gamma = 1,4$).

Alors la vitesse sonique, déterminée par la température $T_0$ de l'état de départ, est la même dans les deux cols. On a

$$T_2 = T_6 = \frac{2}{\gamma + 1} T_0 = \frac{T_0}{1,2} = 0,8333\, T_0. \tag{1}$$

Mais, dans l'écoulement adiabatique de $s_2$ à $s_6$, l'entropie ne peut qu'augmenter; cela entraîne, sur l'isotherme $T = 0,8333\, T_0$, la condition $v_6 \geqq v_2$ (augmentation du volume spécifique), qui, jointe à $u_6 = u_2$ (égalité des vitesses), exige $s_6 \geqq s_2$. Nous écrirons

$$s_6 = s_2(1 + \eta), \tag{2}$$

en désignant par $\eta$ un terme essentiellement positif, qui est déterminé par l'augmentation d'entropie $\mathcal{S}_6 - \mathcal{S}_2 = (\mathcal{S})_2^6$ dans l'écoulement de $s_2$ à $s_6$.

L'expression

$$\mathcal{S} = c \operatorname{Log} T + R \operatorname{Log} v + \text{const.}$$

donne

$$(\mathcal{S})_2^6 = R \operatorname{Log} \frac{v_6}{v_2} = R \operatorname{Log} \frac{s_6}{s_2} = R \operatorname{Log}(1 + \eta),$$

d'où l'on tire

$$\eta = e^{\frac{(\mathcal{S})_2^6}{R}} - 1. \tag{3}$$

Si la canalisation ne comporte pas de variations rapides de section entre $s_2$ et $s_6$, et s'il ne s'y produit pas d'onde de choc, $(\mathcal{S})_2^6$ reste petit et le terme $\eta$ est petit; il va d'ailleurs en croissant en même temps que le débit D, car l'énergie décoordonnée par les frottements augmente avec la vitesse.

Considérons la succession des débits permanents D obtenus, avec un état de départ invariable dans le réservoir d'amont (indice 0), en réalisant des dépressions $p = P_0 - P_9$ de plus en plus accentuées dans le réservoir d'aval (indice 9). Ils augmentent depuis zéro jusqu'à la valeur $\mathcal{D}$ pour laquelle apparaît un col sonique, obtenu pour une certaine dépression $p = \pi$. Le débit D restera ensuite invariablement égal à $\mathcal{D}$ lorsque $p$ deviendra plus grand que $\pi$. On prendra donc comme paramètre, pour étudier les variations du terme $\eta$ défini par (3), non pas le débit D, mais la dépression $p$.

Le col sonique apparaît en $s_2$ ou en $s_6$ suivant la relation qui existe entre le

rapport de leurs surfaces et la valeur $\eta_\pi$ de $\eta$ au moment où $p = \pi$. Si la condition (2) est alors satisfaite, la vitesse sonique est atteinte simultanément dans les deux étranglements; elle apparaît en $s_6$ si l'on a $s_6 < s_2(1+\eta_\pi)$, et en $s_2$ si l'on a au contraire $s_6 > s_2(1+\eta_\pi)$.

Dans les deux premiers cas, où $s_6$ devient un col sonique, il ne se produit plus aucune modification en amont de $s_6$ lorsque $p$ continue à croître au delà de $\pi$. Il naît une onde de choc $S_7$ en aval de $S_6$; elle avance de $s_6$ vers la section $S_8$ (où la canalisation débouche dans le réservoir d'aval) à mesure que la dépression $p$ s'accentue (¹); puis elle sort dans le réservoir d'aval sous forme d'ondes de choc obliques, auxquelles succéderont des ondes de détente obliques pour des dépressions encore plus fortes.

Lorsque $s_6 > s_2(1+\eta_\pi)$, les dépressions $p > \pi$ font naître en aval de $s_2$ une onde de choc $S_3$ qui avance de $s_2$ vers la section maxima $S_4$ à mesure que $p$ augmente. Cette onde comporte une augmentation d'entropie $\mathcal{S}_{3'} - \mathcal{S}_3 = (\mathcal{S})_3^{3'}$ de plus en plus importante; $(\mathcal{S})_3^{3'}$ devient beaucoup plus grande que les augmentations d'entropie par simple frottement entre $s_2$ et $S_3$ et entre $S'_3$ et $s_6$, ce qui permet de confondre en première approximation $(\mathcal{S})_2^6$ avec $(\mathcal{S})_3^{3'}$ que l'on sait calculer pour chaque valeur du rapport $S_3/s_2$; on sait alors calculer par (3) les valeurs de $\eta$, qui deviennent notables.

A mesure que la section $S_3$ augmente, on a, dans une section S quelconque en aval de cette onde de choc, une pression P décroissante et une entropie $\mathcal{S}_0 + \mathcal{S}_3^{3'}$ croissante. On en tire $d(\mathrm{P}v^\gamma) > 0$, ou $\mathrm{P}\gamma v^{\gamma-1}\,dv + v^\gamma d\mathrm{P} > 0$, qui, avec $d\mathrm{P} < 0$, exige $dv > 0$. On a de plus $(u/v)\mathrm{S} = \mathcal{D} = \text{const.}$, qui donne en conséquence $du > 0$, c'est-à-dire que la vitesse d'écoulement est croissante à mesure que la dépression augmente.

Si, pour une certaine position $S_3$ de l'onde de choc, correspondant à une dépression $p = \pi'$, la valeur $\eta_{\pi'}$ de $\eta$ vient à satisfaire la condition (2), la section $s_6$ deviendra, elle aussi, sonique, et il ne se produira plus de modification en amont de $s_6$ lorsque $p$ continuera à croître au delà de $\pi'$ : l'onde de choc $S_3$ restera donc dans la position qu'elle avait ainsi atteinte.

Mais, si l'onde de choc arrive, pour une dépression $p = \pi''$, dans la section maxima $S_4$, où $(\mathcal{S})_2^6$ atteint sa valeur maxima, sans que $s_2(1+\eta_{\pi''})$ ait atteint la valeur $s_6$, le col $s_6$ ne peut pas devenir sonique. Pour des valeurs de $p$ supérieures à $\pi''$, l'onde de choc ne pourra pas prendre des positions comprises entre $S_4$ et $s_6$, qui correspondraient à des surfaces inférieures à $S_4$, c'est-à-dire à des vitesses supersoniques décroissantes, autrement dit à des discontinuités plus faibles et à des valeurs décroissantes de $s_2(1+\eta)$; elle sera donc balayée en aval de l'étranglement $s_6$, où la vitesse passera, de façon discontinue, d'une valeur subsonique à une valeur supersonique. Elle se placera dans la canalisation, entre $s_6$ et $S_8$, si elle y trouve une section $S_7$ assez grande pour que la

(¹) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 345.

discontinuité de pression permette d'atteindre en $S_8$ une pression égale à $P_0$. Dans l'hypothèse contraire, elle sera balayée jusque dans le réservoir d'aval; alors il n'y aura plus aucune modification dans la canalisation si l'on continue d'augmenter la dépression $p$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence du* pH *sur la composition et l'aspect physique des molybdates de potassium.* Note de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons effectué sur les molybdates de potassium une étude parallèle à celle opérée sur les molybdates de sodium [1]. Nous recherchons la variation du nombre $p$, caractéristique du molybdate $MoO^3, pK^2O$ en fonction du pH de la solution aqueuse par évaporation de laquelle cristallise ce molybdate.

*Mode d'obtention des molybdates de potassium.* — Utilisant 34 béchers, nous avons placé dans chacun $25^{cm^3}$ d'une solution normale de molybdate de potassium ($1/2\ MoO^4K^2$ mol-g/litre), puis ajouté des quantités variables d'acide chlorhydrique 10 N (20 et $10^{cm^3}$) et N (50 à $1^{cm^3}$), d'acide acétique pur (20 à $1^{cm^3}$) et N (10 à $2^{cm^3}$) ou de potasse N (1 à $60^{cm^3}$). Les pH des solutions obtenues ont été mesurés colorimétriquement entre 0,2 et 12,6 et hors de ces limites, en nous basant sur la dissociation de l'acide ou de la base (deux valeurs du pH voisines de — 0,7 et 0,4 et huit valeurs échelonnées de 12,6 à 13,8). En milieu acétique, nous avons atteint un pH minimum de 2,8.

La courbe de neutralisation, obtenue en portant les pH en ordonnées et les centimètres cubes d'acide chlorhydrique en abscisses, ne présente qu'un seul point d'inflexion, correspondant au molybdate normal. La partie verticale de la courbe s'étend de pH 7 à 12. La courbe, dressée d'une manière analogue pour l'acide acétique, présente deux points d'inflexion. L'un, de pH 7 à pH 12, relatif au molybdate normal; l'autre, de pH 4,8 à pH 6,2, correspondant à l'existence de l'ion paramolybdique du sel $7\ MoO^3, 3K^2O$.

Ces deux observations diffèrent radicalement de celles que nous avons faites quant aux molybdates de sodium. Il en est de même de la suivante :

Des additions d'acide chlorhydrique supérieures à $15^{cm^3}$ d'acide normal par $25^{cm^3}$ de molybdate normal (pH inférieur à 2,6) déterminent instantanément un abondant précipité blanc d'acide molybdique $MoO^3, H^2O$. Ce précipité se redissout dans un excès d'acide chlorhydrique, en fait pour les valeurs négatives du pH. La même précipitation se produit par addition d'acide acétique pour pH inférieur à 4,8, mais, dans ce cas, il n'y a jamais redissolution du précipité dans un excès d'acide.

Nous avons séparé ces précipités et conduit les cristallisations d'une manière identique à celles des sels de sodium (dessiccateurs à potasse, de 10° à 20° C.).

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 587.

Le délai d'apparition des premiers cristaux a varié de 15 jours à l'extrémité acide, à 10 mois pour les essais basiques.

*Analyse des produits obtenus.* — 1° L'eau de cristallisation est dosée par perte de poids à 300°.

2° $MoO^3$ est dosé par acidimétrie à deux indicateurs, après *addition préalable de sulfate de sodium*. On se trouve ainsi ramené au dosage acidimétrique de $MoO^3$ en présence d'ions sodium.

3° Le chlorure de potassium est précipité sous forme de chlorure d'argent, en solution nitrique, de façon à ne pas précipiter le molybdate et le sulfate.

4° L'acétate de sodium est dosé par acidimétrie sur le distillat d'une prise d'essai, additionnée d'acide sulfurique jusqu'à réaction acide de l'hélianthine et évaporée à sec.

5° Les traces de carbonate de potassium sont déterminées par acidimétrie en présence de phénolphtaléine.

MOLYBDATES DE POTASSIUM OBTENUS. — 1° *En présence d'ions chlorhydriques :*

*a.* De pH 0 à 2,6, il précipite instantanément l'acide molybdique blanc $MoO^3, H^2O$.

*b.* De pH —0,7 à 0,7, ClK apparaît après 1 à 3 mois.

*c.* Pour les valeurs négatives du pH et au bout de 4 mois environ, il se forme une gomme très visqueuse. Par séchage elle se transforme en anhydride molybdique pulvérulent.

*d.* De pH 0,7 à 7, nous obtenons en 3 semaines du paramolybdate de potassium $7MoO^3, 3K^2O, 22H^2O$.

*e.* De pH 0,7 à 7, ClK cristallise en 2 mois.

2° *En présence d'ions acétiques*, il se forme :

*a.* De pH 2,8 à 7, en 3 semaines, du paramolybdate de potassium $7MoO^3, 3K^2O, 22H^2O$.

*b.* De pH 6,3 à 11,6, après 2 mois, un dépôt d'un produit cristallin blanc de formule $4MoO^3, 3K^2O, 2H^2O$, intermédiaire entre le molybdate normal et le paramolybdate et non encore signalé.

*c.* De pH 2,8 à 7, après 5 mois et par évaporation à sec, de l'acétate de sodium.

3° *En milieu alcalin* : il apparaît dans toutes les solutions de pH supérieur à 7 du molybdate normal anhydre $MoO^3, K^2O$, mais c'est pour un pH 13,5 que les cristaux ont les dimensions les plus considérables. La durée de cristallisation est de l'ordre de 10 mois.

*Conclusions.* — Nous avons préparé un nouveau molybdate $4MoO^3, 3K^2O, 2H^2O$ en milieu acétique, de pH 6,3 à 11,6.

Le résultat essentiel de notre étude est de constater que le molybdate normal et le paramolybdate sont également favorisés en présence d'ions potassium, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de pH 7. Ce caractère différencie les molybdates de potassium de ceux de sodium. En outre, il ne se forme pas de

tétramolybdate du type $4MoO^3$, $Na^2O$; ce fait se traduit par l'allure de la courbe de neutralisation et par des précipitations d'acide molybdique en milieu très acide. Les sels de potassium ne sont pas isomorphes de ceux de sodium; les degrés d'hydratation diffèrent. Enfin l'influence du pH se fait sentir sur l'aspect des cristaux et nous avons un optimum de cristallisation pour $pH \neq 13,5$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le potentiel d'oxydoréduction de solutions ferriques pratiquement exemptes d'ion ferreux.* Note [1] de M^lle **Denise Bézier.**

Dans la théorie de l'oxydoréduction, appliquée au cas des systèmes réversibles, on a l'habitude de considérer qu'une solution d'un ion oxydant ou réducteur contient toujours une certaine proportion de l'ion antagoniste. On montre alors que le potentiel d'une telle solution s'exprime (à un pH donné) par la relation

$$(1) \qquad E = E_0 + \frac{RT}{nF}\log_e\frac{[Ox]}{[\mathrm{Red}]} = E_0 + \frac{0,058}{n}\log_{10}\frac{[Ox]}{[\mathrm{Red}]},$$

dans laquelle

R est la constante des gaz parfaits;
T, la température absolue;
F, le Faraday = 96 500 Coulombs;
$n$, le nombre d'électrons échangés dans la réaction qui fait passer de la forme oxydée à la forme réduite, et inversement;
$[Ox]$, la concentration, ou plus exactement l'activité de l'oxydant;
$[\mathrm{Red}]$, l'activité du réducteur;

Cette formule est effectivement vérifiée par l'expérience, pour les systèmes réversibles, lorsque les deux ions, oxydant et réducteur, sont présents en même temps en quantités notables.

Mais nous pensons qu'elle cesse d'être applicable dans le cas de solutions qui contiennent l'un des deux ions du système, pratiquement à l'état de pureté. C'est, du moins, ce que nous avons pu montrer pour les solutions d'ion ferrique.

*Étude du potentiel des solutions ferriques.* — Nous avons déterminé les courbes du potentiel en fonction du pH pour des solutions de perchlorate ferrique, contenant de $10^{-1}$ à $10^{-4}$ ion-gramme de fer par litre. (L'anion perchlorique a été choisi à cause de sa très faible tendance à entrer dans des combinaisons complexes.)

Les pH étaient mesurés à l'électrode de verre, les potentiels d'oxydoréduction, par potentiométrie, avec une électrode de platine poli.

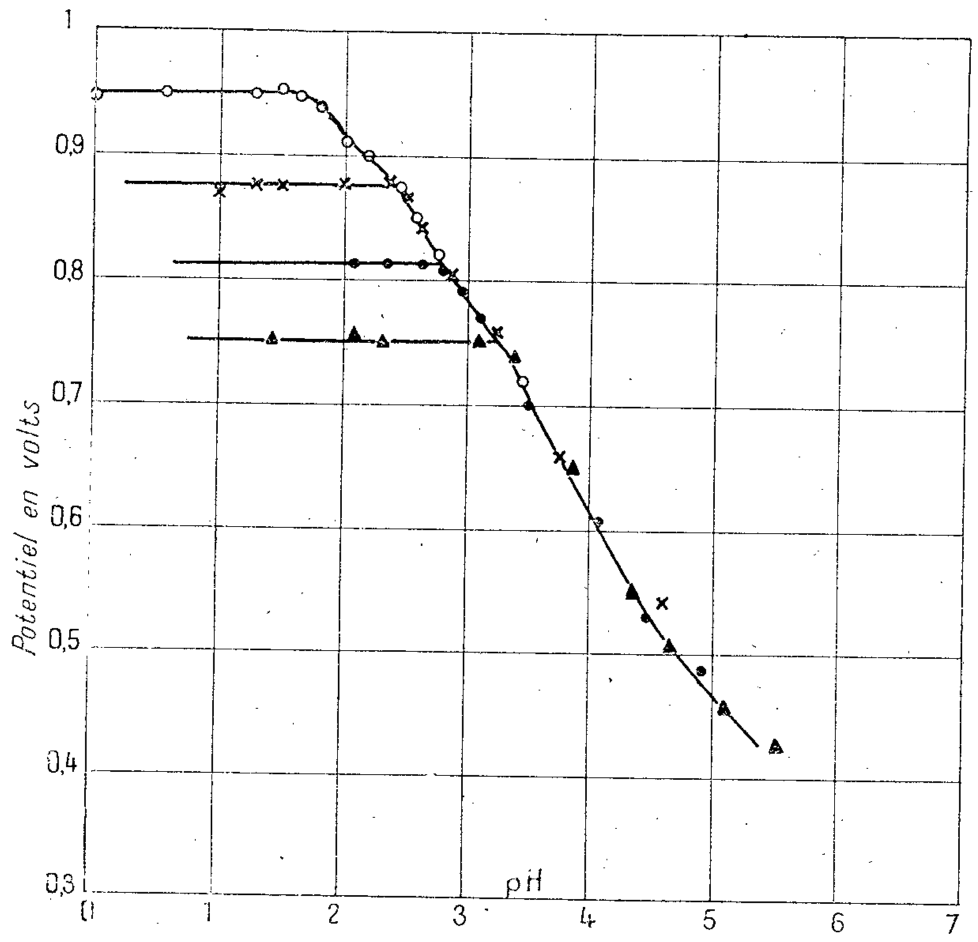
Les résultats obtenus sont représentés sur le graphique ci-contre.

On constate que, pour une certaine solution, de pH variable, le potentiel reste constant tant que la concentration en ion ferrique est constante; puis il

---

[1] Séance du 1^er février 1943.

décroît à partir du moment où l'hydroxyde commence à précipiter. Si nous considérons le domaine de pH où le potentiel reste constant, nous voyons que




○ $Fe^{+++}$ M/10.
× $Fe^{+++}$ M/100.
● $Fe^{+++}$ M/1000.
▲ $Fe^{+++}$ M/10.000.

ledit potentiel dépend de la concentration de l'ion ferrique et peut s'exprimer de façon très satisfaisante par la relation

$$E = E_0 + 0,06 \log [Fe^{+++}]. \qquad (2)$$

Ceci signifie que la concentration en ion ferreux est sans influence; en effet les solutions qui nous ont servi ont toutes été préparées à partir d'une même solution 1/10 moléculaire, diluée 10, 100, 1000 fois. Si donc le potentiel était déterminé par le rapport $[Fe^{+++}]/[Fe^{++}]$, toutes ces solutions devraient avoir le même potentiel.

D'autre part des solutions ferriques de provenances différentes doivent contenir du fer ferreux en proportions très variables. D'après la théorie classique, elles devraient donc avoir, pour une même concentration en fer ferrique, des potentiels également variables. Or, au cours de nos expériences, nous avons toujours trouvé, à concentration en fer ferrique égale, le même potentiel pour différentes solutions de perchlorate et de nitrate ferriques. (L'ion nitrique, de même que l'ion perchlorique, donne très rarement des combinaisons complexes.)

Nos résultats coïncident également avec les rares indications que nous avons pu relever dans la littérature, sur des mesures de potentiel de nitrate ferrique pur. Dans le cas de solutions de chlorure ou de sulfate le potentiel est un peu

plus bas, ce qui s'explique par le fait que les anions correspondants donnent avec l'ion ferrique des complexes, d'ailleurs peu stables, qui sont bien connus.

APPLICATIONS. — 1° *Étude de la précipitation de l'hydroxyde ferrique.* — La méthode que nous venons de décrire nous a permis de déterminer le pH de précipitation de l'hydroxyde pour les différentes concentrations étudiées; en effet, la précipitation correspond à une diminution de la concentration en ions ferriques, donc à un abaissement du potentiel. C'est ce que montre le graphique.

Nous avons aussi pu étudier le mécanisme de la précipitation; en effet, partant de l'hypothèse que la formule (2) est vérifiée dans tout le domaine de pH, nous pouvons déduire du graphique la loi de variation de $[Fe^{+++}]$ en fonction du pH. De la forme de cette loi, on déduit aisément qu'au pH de précipitation tout le fer est encore pratiquement à l'état d'ion $Fe^{+++}$ et non à l'état d'ion $FeOH^{++}$ ou $FeO^{+}$.

2° *Étude des complexes de l'ion ferrique.* — La formation d'un complexe, en modifiant la concentration des ions ferriques présents dans la solution, doit influer sur le potentiel d'oxydoréduction. Dans un travail actuellement en cours, nous nous proposons d'utiliser cette méthode pour étudier l'existence et la stabilité d'un certain nombre de complexes du fer ferrique.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Mesure du facteur de dépolarisation du rayonnement de Rayleigh pour l'eau et pour des solutions d'électrolytes.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu** et M^lle **Geneviève Lelong**, présentée par M. Aimé Cotton.

La mesure du facteur de dépolarisation $\rho$ du rayonnement total diffusé par l'eau a fait l'objet de plusieurs études, dont les résultats sont assez peu concordants [1]. Nous avons repris ces mesures par la méthode de Cornu, en photographiant sur des plaques non orthochromatiques, avec un objectif à court foyer ouvert à $f/3$, les deux images du faisceau diffusé données par un wollaston suivi d'un glazebrook. La source de lumière (lampe Philora SP 500 w) donnait un faisceau d'ouverture numérique égale à 0,06. Pour définir dans une certaine mesure la longueur d'onde des radiations qui impressionnaient la plaque, nous placions d'une part, sur le faisceau primaire, un écran formé par une solution de nitrobenzène dans l'alcool, dont la densité optique, égale à 1,2 pour $\lambda$ $0^{\mu},436$, s'élevait à 4 pour $\lambda$ $0^{\mu},404$; d'autre part devant l'objectif photographique se trouvait un écran bleu dont la densité optique variait de 0,5 pour $\lambda$ $0^{\mu},436$ à 3 pour $\lambda$ $0^{\mu},546$. Le premier écran supprimait le spectre violet et ultraviolet, ainsi que la fluorescence qu'il excite; le second était destiné à éliminer les bandes de Raman diffusées par l'eau. Le réglage de l'appareil et la marche des expériences étaient conduits suivant les indications données par

(1) J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, 1929, p. 187.

M. Cabannes ([1]). L'eau, deux fois distillée avec surchauffe de la vapeur, était distillée à trois reprises, dans le vide et sans ébullition, dans le tube en croix servant aux expériences. Dans ces conditions, 9 séries de mesures, précédées chacune des distillations, ont donné pour $\rho$ la valeur moyenne 0,066, entre les valeurs extrêmes 0,061 et 0,073. On en déduit ([2]) la valeur de l'anisotropie optique de la molécule d'eau $\delta = 5{,}9.10^{-2}$.

Nous avons ensuite repris l'examen de quelques-unes des solutions de sels minéraux étudiées par C. W. Sweitzer ([3]). Le seul procédé d'élimination des particules ultramicroscopiques qui nous ait fourni des résultats constants est l'ultrafiltration lente sur des membranes de collodion dont le diamètre moyen des pores est connu ([4]). En filtrant successivement les solutions sur des membranes de $100^{m\mu}$, puis de $50^{m\mu}$, le facteur de dépolarisation demeure constant. Les valeurs expérimentales de $\rho$, que l'on obtient ainsi, s'accordent avec celles que donne Sweitzer dans le cas des nitrates, mais sont très inférieures pour les chlorures et les sulfates. Le tableau suivant, où $c$ désigne la concentration en grammes de sel pour $100^g$ de solution, donne les valeurs de $\rho$ que nous avons mesurées :

| $c$ ........ | 0. | 4,8. | 8,0. | 11,5. | 13,2. | 14,1. | 19,9. | 26,9. | 28,6. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $NO^3Na$ ..... | 0,066 | 0,110 | 0,156 | – | – | 0,186 | – | 0,290 | 0,295 |
| $SO^4Na^2$ .... | 0,066 | – | 0,044 | – | 0,044 | – | – | – | – |
| ClNa ...... | 0,066 | – | – | 0,062 | – | – | 0,071 | – | – |

Les données précédentes ne permettent pas de calculer simplement les valeurs de l'anisotropie des anions, car, par suite de la dissociation électrolytique, les solutions constituent des mélanges ternaires, et l'hydratation probable des ions complique encore les phénomènes. Nos mesures montrent toutefois que les valeurs de $\rho$ relatives aux solutions de chlorure et de sulfate s'écartent beaucoup moins de celles qui se rapportent à l'eau pure que ne le font les nombres donnés par les solutions de nitrate. Ce fait, que semblait contredire les mesures de Sweitzer, est en relation avec l'anisotropie nulle ou très faible que doivent posséder les ions $Na^+$, $Cl^-$ et $SO^{4-}$, ainsi que l'indique, pour ce dernier, l'étude des spectres de Raman.

RAYONS X. — *Détermination expérimentale, par spectrographie cristalline, des énergies d'atomes plusieurs fois ionisés en couches profondes.* Note de **M<sup></sup>lle YVETTE CAUCHOIS.**

Les spectres L comprennent des émissions dont les fréquences ne découlent pas des schémas d'énergie de l'atome une fois ionisé. Ces raies se présentent

([2]) J. CABANNES, *op. cit.*, p. 212.

([3]) *Journ. of Phys. Chemistry*, 31, 1927, p. 1150.

([4]) P. GRABAR, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 17, 1935, p. 1246.

comme des *satellites* de raies intenses dont elles sont voisines. Pour les éléments lourds, on en connaissait quatre groupes, proches respectivement de $L\alpha_1$, de $L\beta_2$, de $L\gamma_1$ et de $L\gamma_2$. Je viens de montrer l'existence d'une cinquième famille, proche de $L\beta_5$; elle ouvre la voie à la détermination expérimentale des états d'ionisation profonde multiple [1].

Les satellites L des atomes lourds sont tous de fréquence supérieure à celle de la raie mère, à quelques exceptions près dans la région $\alpha$. On considère actuellement que la plupart sont dues à des atomes qui présentent une ionisation initiale supplémentaire en couche $M_{IV,V}$. L'affaiblissement des satellites $\alpha$ et $\beta_2$ dans toute une région du système périodique (à peu près celle des terres rares) a suggéré à Coster et Kronig quelle est l'origine principale de cette ionisation, à savoir l'énergie disponible à la suite d'une transition $L_I L_{III}$ sans rayonnement qui aurait une grande probabilité.

J'ai dégagé [1] les principales analogies des trois groupes de satellites $L\alpha$, $L\beta_2$ et $L\beta_5$ qui doivent trouver leur origine dans des passages $2p\,3d - 3d\,3d$, $2p\,3d - 3d\,4d$ et $2p\,3d - 3d\,5d$. Étant donnée l'analogie de structure de ces groupes, qui comprennent essentiellement chacun un doublet d'autant plus séparé de la raie mère que le niveau de départ est plus extérieur, j'ai essayé d'apparenter trois par trois les composantes de ces doublets. Ainsi je suppose comme probable que les raies $\alpha^x$ $\beta_2^{II}$ et $\beta_5^{II}$ sont dues à un même état $2p\,3d$; les composantes $\alpha^{ix}$ $\beta_2^{I}$ et $\beta_5^{I}$ ayant aussi un même état $2p\,3d$, naturellement différent du précédent. Il est alors possible de déduire des fréquences de ces émissions une première systématisation quantitative des niveaux d'ionisation multiple qui leur donnent naissance. Soit $\delta$ la différence de fréquence entre un satellite et sa raie mère; on a $\delta\alpha = (2p\,3d - 3d\,3d) - (2p - 3d)$, $\delta\beta_2 = (2p\,3d - 3d\,4d) - (2p - 4d)$, $\delta\beta_5 = (2p\,3d - 3d\,5d) - (2p - 5d)$, les nombres quantiques $j$ associés aux $p$ ou aux $d$ étant $3/2$ ou $5/2$.

La démultiplication des états $2pnd$, par suite du couplage des $j$, permet de concevoir la parution d'un grand nombre de satellites, dont les considérations de probabilité fixent les intensités relatives.

Désignons par $\Delta L_{III}$, $\Delta M_V$, $\Delta N_V$ et $\Delta O_V$ la différence d'énergie entre un état de l'atome qui présente une ionisation supplémentaire et l'état correspondant de l'atome normal une fois ionisé. On a $\Delta M_V = \Delta L_{III} - \delta\alpha$; $\Delta N_V = \Delta L_{III} - \delta\beta_2$; $\Delta O_V = \Delta L_{III} - \delta\beta_5$. Afin de déterminer $\Delta L_{III}$, j'ai tracé, pour chaque élément, les courbes de variation de $\delta$ en fonction de la valeur E des différents niveaux $M_V$, $N_V$ et $O_V$ correspondants; puis j'ai extrapolé ces courbes pour $E = 0$. Ce procédé n'est pas exempt d'arbitraire, mais il est acceptable car, $O_V$ étant déjà très extérieur, l'*altération* $\Delta O_V$ doit être très faible et $\Delta L_{III}$ peu différent de $\delta\beta_5$.

Le tableau donne des *altérations* ainsi déterminées, puis une première liste de

---

(1) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 529.

valeurs d'énergies atomiques relatives à des états d'ionisation profonde multiple.

| | $\Delta L_{III}$ (a). | $\Delta L_{III}$ (b). | $\Delta M_V$ (a). | $\Delta M_V$ (b). | $\Delta N_V$ (a). | $\Delta N_V$ (b). | $\Delta O_V$ (a). | $\Delta O_V$ (b). | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 90Th.. | $9,2_2$ | – | $5,2_0$ | – | $2,7_2$ | – | $0,4_7$ | – | |
| 88Ra... | $8,6_0$ | $7,3_0$ | $4,8_3$ | $4,2_6$ | $2,1_2$ | $2,4_7$ | $0,3_0$ | $0,2_9$ | |
| 83Bi... | $7,7_0$ | $6,3_0$ | $4,4_1$ | $3,9_6$ | $1,9_6$ | $(3,1_2)$ | $0,1_8$ | $0,1_4$ | |
| 82Pb.. | $7,4_5$ | $5,9_7$ | $4,2_6$ | $3,7_0$ | $1,7_3$ | $1,5_6$ | $0,1_5$ | $0,1_5$ | $\frac{\nu}{R}$ |
| 81Tl... | $7,2_2$ | $5,9_5$ | $4,1_1$ | $3,6_8$ | $1,5_4$ | $1,6_2$ | $0,0_8$ | $0,0_6$ | |
| 79Au.. | $6,8_0$ | $5,4_0$ | $3,9_0$ | $3,4_7$ | $1,3_8$ | $1,2_5$ | $0,0_3$ | $0,0_3$ | |
| 78Pt... | $6,5_8$ | $4,9_7$ | $3,8_6$ | – | $1,4_0$ | $0,9_3$ | (0) | (0) | |

| | $L_{III}M_{IV,V}$ (a). | $L_{III}M_{IV,V}$ (b). | $M_VM_{IV,V}$ (a). | $M_VM_{IV,V}$ (b). | $N_VM_{IV,V}$ (a). | $N_VM_{IV,V}$ (b). | $O_{IV,V}M_{IV,V}$ (a). | $O_{IV,V}M_{IV,V}$ (b). | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 90Th.. | 1209,7 | – | 250,5 | – | 52,5 | – | 6,9 | – | |
| 88Ra... | 1246,1 | 1144,8 | 233,5 | 232,9 | 46,5 | 46,9 | 5,3 | 5,3 | |
| 83Bi... | 996,6 | 995,2 | 195,0 | 194,6 | 34,9 | – | 2,5 | 2,5 | |
| 82Pb.. | 968,3 | 966,8 | 188,0 | 187,5 | 33,0 | 32,8 | 2,4 | 2,4 | $\frac{\nu}{R}$ |
| 81Tl... | 939,6 | 938,4 | 180,2 | 179,8 | 30,2 | 30,2 | 1,3 | 1,3 | |
| 79Au.. | 884,8 | 883,4 | 1666, | 166,1 | 26,2 | 26,1 | 0,4 | 0,4 | |
| 78Pt... | 858,0 | 856,4 | 159,9 | – | 24,2 | 23,8 | – | – | |

(a) D'après $\alpha^x$, $\beta_2^{II}$ et $\beta_5^{II}$; (b) d'après $\alpha^{ix}$, $\beta_2^{I}$ et $\beta_5^{I}$.

*N.-B.* — Les fréquences des satellites et des niveaux normaux qui entrent dans les calculs proviennent de travaux antérieurs du Laboratoire de Chimie physique de Paris.

Les considérations simples d'où prennent naissance les résultats ci-dessus ne sont certainement pas à l'abri de toute critique. Les deux constatations suivantes donnent cependant confiance. Tout d'abord les valeurs obtenues pour les énergies d'atomes doublement ionisés sont plausibles; ainsi les énergies de l'atome Z ionisé sont d'autant plus voisines de celles de l'atome $Z+1$ que le niveau en jeu est plus extérieur. Et, comme on pouvait s'y attendre, l'accroissement d'énergie correspondant à l'ionisation supplémentaire (représenté par $\Delta L_{III}$) est bien de l'ordre de grandeur de $(M_{IV,V})_{z+1} - (M_{IV,V})_z$; il lui est sans doute un peu inférieur. Par ailleurs les valeurs obtenues ici sont d'une cohérence remarquable, d'autant plus remarquable que les données numériques utilisées pour leur calcul ont leur source dans des mesures délicates, sur des émissions faibles.

Dans une autre région du système périodique, où les satellites reparaissent, pour Z inférieur à 56 environ, si l'on assimile $\Delta L_{III}$ avec $\delta\beta_2$, puisque $N_V$ est devenu très extérieur, on peut de même calculer quelques énergies $2pnd$; elles forment une suite qui semble continue avec celles du tableau.

Il ne m'a pas été possible de faire un rapprochement entre mes nombres et les estimations théoriques, trop imprécises. Les indications numériques qui résultent de mon travail pourront peut-être aider une théorie quantitative des

satellites. Elles seront à considérer pour le dépouillement des spectres magnétiques, des photoélectrons de deuxième espèce. Les très rares valeurs expérimentales, déduites de ces spectres magnétiques, pour des énergies d'atomes plusieurs fois ionisés, sont d'un ordre de grandeur qui concorde bien avec celles que je détermine ici, pour la première fois, par spectrographie cristalline.

RAYONS X. — *Étude de l'os humain par la diffraction des rayons* X. Note de M. **Paul Lamarque**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait depuis longtemps que l'os normal donne avec les rayons X un diagramme traduisant une texture cristalline orientée, mais jusqu'ici on ne paraît pas s'être préoccupé de savoir si l'axe d'orientation était fixe dans une même portion d'os et s'il ne se modifiait pas sur un même os dans des régions soumises à des actions mécaniques différentes. Nous avons essayé de répondre à ces questions et utilisé pour cela des fragments de fémur pris sur un cadavre d'adulte. Les échantillons de $0^{mm},2$ d'épaisseur ont été prélevés suivant des directions différentes, à des profondeurs variables par rapport à la corticale et en des points soumis à des efforts mécaniques différents : diaphyse (travaillant en pression et torsion) et col fémoral (travaillant en flexion). La plupart des diagrammes ont été obtenus par transmission avec la raie $K_\alpha$ du cuivre. Nos conclusions sont les suivantes :

1° Il ne paraît exister aucun rapport direct entre le rôle mécanique qu'assume chaque partie de l'os et l'orientation préférentielle de la substance cristalline.

2° L'orientation n'est observée que dans les parties allongées de l'os; elle ne paraît pas exister dans une zone de transition comme dans la région trochantérienne qui relie le col à la diaphyse fémorale.

3° La direction privilégiée d'orientation se confond avec le grand axe de l'os (axe du col, axe de la diaphyse fémorale).

4° On n'a observé aucune variation de l'orientation dans l'épaisseur de l'os compact (il est possible qu'il n'en soit pas de même pour l'os en croissance).

Ces recherches nous ont amené à faire une étude cristallographique du tissu osseux, et nous avons repris les expériences de Hensiten, Straumann et Bucher [1]. Ces auteurs avaient conclu que les maxima d'intensité constatés dans les diagrammes devaient être attribués au constituant organique et que cette substance organique admettait un axe de fibre suivant une courbe hélicoïdale enroulée autour de l'axe de l'os.

Nous avons tout d'abord identifié au départ tout ce qui, sur le diagramme

(1) *Deutsche Zeits. für Chirurgie*, 236, 1932, p. 485.

de l'os intact, se rapporte au constituant minéral, et nous avons constaté que les raies obtenues sur nos diagrammes se rapportaient à la structure apatite. Les mesures de la maille hexagonale nous ont donné $a = 9{,}44$ Å et $c = 6{,}87$ Å, ce qui correspond assez exactement aux résultats de Bale ([2]) pour l'hydroxyapatite ($a = 9{,}47$ Å et $c = 6{,}88$ Å).

Nous avons ensuite cherché à étudier séparément les constituants de l'os, minéral (apatite) et organique (osséine, collagène). Par calcination à 750° la matière organique est détruite; il ne reste que l'apatite, qui conserve son orientation; l'étude des différents fragments nous a montré une orientation préférentielle de ce corps telle que la rangée 001 (axe ternaire) tend à se placer parallèlement au grand axe de l'os.

Le constituant organique a été étudié en attaquant l'échantillon par l'acide, et nous avons trouvé pour le collagène une orientation propre qui est d'ailleurs la même, bien que moins marquée, que l'orientation trouvée pour un fragment de tendon d'Achille. Cette orientation montre que l'axe de fibre est parallèle au grand axe de l'os. En général sur l'os intact, le diagramme du collagène n'apparaît pas et nous avons conclu qu'il était masqué par celui de l'apatite. Pour vérifier l'exactitude de cette conception, nous avons fait des diagrammes de mélanges, en proportion variée, des deux constituants, et nous avons pu constater que, même pour des proportions de collagène s'élevant jusqu'à 50 %, seul le diagramme de l'apatite est visible. Nous avons également, avec le même résultat, superposé des échantillons traités, l'un par calcination et l'autre par l'acide.

Toutefois, en utilisant un porte-film plan à une distance de 56$^{mm}$, nous sommes arrivé à mettre en lumière l'interférence 11,6 Å du collagène pour un échantillon d'os intact. Nous avons constaté alors que le degré d'orientation est le même pour l'apatite et le callogène; autrement dit, si le collagène est orienté, l'apatite l'est également; s'il l'est peu, l'apatite l'est peu; si l'orientation est plus marquée pour le callogène, elle est également plus accusée pour l'apatite. La direction de l'orientation préférentielle est la même dans les deux constituants et elle est parallèle au grand axe de l'os. On peut donc conclure que c'est le collagène qui détermine l'orientation de l'apatite, ce qui se conçoit aisément puisque la structure cartilagineuse précède toujours la calcification. En chaque point du tissu osseux, l'axe ternaire de l'apatite semble donc se placer parallèlement à la direction locale des chaînes polypeptidiques du collagène.

---

([2]) *The American Journal of Rœntgen*, 43, 1940, p. 135.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Un dispositif pour la numération des électrons de faible énergie. Application à* $Br^{80}$ (18 *minutes*). Note de M. **André Berthelot**, présentée par M. Aimé Cotton.

En vue de l'étude des rayonnements de conversion interne émis au cours des transitions isomériques, j'ai réalisé un dispositif utilisant les compteurs de Geiger et basé sur l'emploi de la méthode d'absorption. L'appareil, dont la figure 1 donne le schéma de principe, comporte essentiellement 4 compteurs

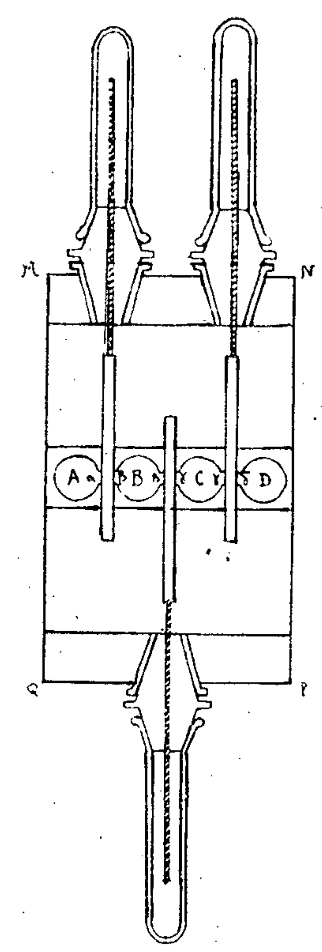


Fig. 1.

A, B, C, D, de longueur $7^{cm}$, de diamètre $1^{cm},6$, taillés dans le même bloc de laiton, les axes étant parallèles et distants de $22^{mm}$. Tous ces cylindres communiquent entre eux par des fenêtres centrales $\alpha\beta$, $\beta\gamma$, $\gamma\delta$, de $12^{mm}$ sur $4^{mm}$. L'ensemble est logé dans une boîte étanche MNPQ, et de l'extérieur on peut, par l'intermédiaire de rodages, déplacer entre les compteurs des règles sur lesquelles on peut fixer soit des écrans absorbants, soit la source dont on veut mesurer le rayonnement. L'ensemble de la boîte MNPQ est rempli, sous la pression de $23^{mm}$, de vapeur d'acétone. En amenant la source déposée sur un support très mince en regard de la fenêtre $\beta\gamma$, son rayonnement pénètre dans les compteurs A, B d'une part, C, D d'autre part, sans avoir de paroi à traverser. En déplaçant des écrans devant les fenêtres $\alpha\beta$ et $\gamma\delta$ et en enregistrant les coïncidences A, B et C, D, nous pouvons obtenir la courbe d'absorption des électrons émis de part et d'autre par la source. De plus, en comparant les nombres de coïncidences vers l'avant et vers l'arrière, nous pouvons apprécier

la perturbation apportée éventuellement par le support et par l'absorption propre de la source.

Dans les expériences que j'ai réalisées, le support de source était constitué par une feuille d'aluminium battu de 0,1 mg/cm². Ayant en vue l'étude de la transition isomérique $Br^{80*} \xrightarrow{4,5\,h.} Br^{80}$, j'ai commencé par étudier l'absorption du rayonnement β émis par $Br^{80}$ dans son état fondamental. Ce sont les résultats de cette mesure qui sont rapportés ici.

*Préparation des sources.* — On procède toujours par irradiation de bromure d'éthylène par les neutrons lents produits à l'aide du Cyclotron du Collège de France. Après une heure d'irradiation, on extrait le brome radioactif par un simple lavage à l'eau (procédé Szilard-Chalmers). On obtient ainsi une eau chargée de $Br^{80*}$ (4 h. 30 min.), $Br^{80}$ (18 min.) et $Br^{82}$ (34 h.).

Pour avoir la période de 18 minutes pure, on procède, en utilisant l'eau de lavage précédente à la synthèse de bromure d'éthyle; dans ce produit, le recul dû à la transition isomérique permet d'extraire périodiquement par lavage à l'eau le $Br^{80}$ (18 min.) séparé des autres périodes.

Finalement on obtient le brome radioactif sous forme de solution aqueuse. En évaporant une goutte de cette solution à l'étuve sur une feuille d'aluminiun battu de 0,1 mg/cm², on obtient la source à introduire dans l'appareil, le brome se trouvant fixé par l'aluminium.

L'expérience montre qu'avec les sources ainsi préparées, il n'y a pas de différence mesurable entre le rayonnement émis vers l'avant et vers l'arrière, même pour les rayons très mous, ce qui indique que le brome s'est fixé uniformément dans l'épaisseur de la feuille d'aluminium et que l'épaisseur de matière entraînée par les eaux de lavage est négligeable, conclusion qui est

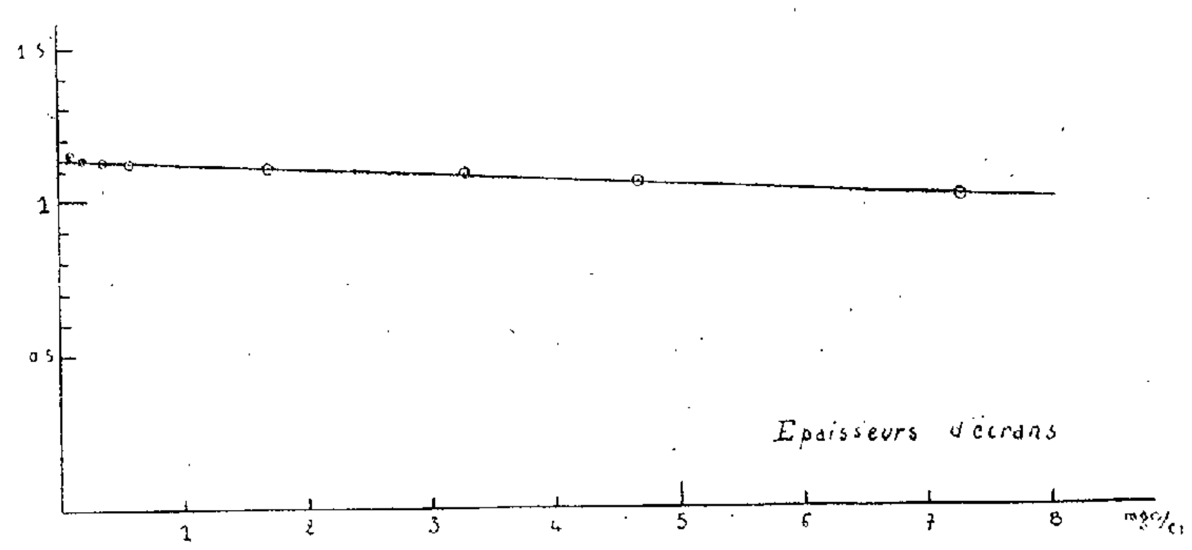



Fig. 2.

confirmée par le fait que la tache laissée par l'évaporation de la goutte est presque invisible.

Dans ces conditions, comme on dispose toujours des écrans identiques de part et d'autre de la source, on pourra faire la somme des mesures en avant et

en arrière, ce qui présente l'avantage d'éliminer les variations d'angle solide dues aux déplacements de la source d'une expérience à l'autre.

*Mesures d'absorption.* — Elles sont faites avec une série d'écrans d'aluminium d'épaisseur maximum 7,27 mg/cm². On rapporte toutes les intensités mesurées à celle obtenue avec cette dernière épaisseur.

En raison de la courte période du produit utilisé, un mode opératoire particulier est nécessaire.

Avec une source donnée, on mesure la décroissance de l'activité en alternant toutes les 5 minutes l'écran dont on étudie l'effet avec l'écran de 7,27 mg/cm². On obtient ainsi deux exponentielles de décroissance dont le rapport donne l'absorption rapportée à l'écran de référence. Il faut répéter l'opération pour chaque valeur d'écran étudiée.

Les résultats de ces mesures sont donnés par la figure 2. On voit que le $Br^{80}$ présente une absorption très faible et sans aucune discontinuité, ce qui indique l'absence de raies de conversion de faible énergie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les sels de calcium de l'acide oxalique. (Courbes de déshydratation. Étude aux rayons X et aux rayons infrarouges.)* Note de M. **Jean Lecomte**, M[lle] **Thérèse Pobeguin** et M. **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Jacob.

L'un de nous a signalé (1), à côté d'un sel anhydre obtenu par déshydratation de l'une quelconque des formes suivantes, l'existence de 4 hydrates d'oxalate de Ca : un hydrate A, cristallisant avec 1[mol] d'eau, c'est le monohydrate bien connu, et trois hydrates, cristallisant avec une quantité d'eau voisine de 3[mol], B (obtenu par évaporation de solutions de monohydrate dans HCl), C (obtenu par voie aqueuse) et D (trihydrate de Jakob et Luczac, G. Hammarsten).

I. L'étude des *courbes de déshydratation* les met en évidence.

*A la température ordinaire*, dans un dessiccateur à $P^2O^5$, les hydrates A et B ne varient pas de poids. L'hydrate C perd rapidement de 4 à 5 % de son poids et se fixe; remis à l'air libre, il reprend toute son eau avec encore plus de rapidité. L'hydrate D perd régulièrement en une dizaine de jours un peu plus de 18 % de son poids et se fixe; à l'air libre il ne reprend que peu d'eau.

*Par températures croissantes*, les quatre formes n'ont pas la même stabilité au départ. Les hydrates B et C, très voisins comme teneur globale en eau, l'abandonnent de façon différente : B, d'abord plus stable, perd rapidement environ 2[mol] d'eau, marque un point d'inflexion qui correspond vraisemblablement au monohydrate avant de donner le palier de l'oxalate anhydre; C ne présente jamais ce point d'inflexion et le palier du sel anhydre représente

(1) M[lle] Th. Pobeguin, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 500.

toujours une perte de poids légèrement supérieure à la précédente dans les mêmes conditions d'expérience; D perd encore un peu plus d'eau.

2. *Caractéristiques des différents sels.* — Rayons X (radiogrammes de Debye-Scherrer).

*Distance des plans réticulaires en Å. — Intensité des raies.*

| Oxalate anhydre. | | Monohydrate A. | | Hydrate B. | | Hydrate C. | | Hydrate D. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $5,8_9$ | t. i. | $5,8_9$ | i. | $6,1_3$ | i. | $6,1_3$ | i. | $7,7_4$ | f. |
| $3,6_7$ | i. | $3,6_5$ | i. | $4,3_4$ | m. | $4,3_4$ | m. | $5,4_5$ | i. |
| $2,9_2$ | i. | $2,9_5$ | i. | $3,8_4$ | m. | — | fl. | $4,9_5$ | f. |
| $2,3_6$ | i. | $2,4_9$ | f. | $3,0_7$ | m. | $3,0_6$ | m. | $3,6_0$ | m. |
| $1,9_9$ | t. f. | $2,3_3$ | a. i. | $2,7_5$ | t. i. | $2,7_5$ | t. i. | $2,8_3$ | i. |
| $1,9_1$ | t. f. | $2,2_5$ | t. f. | $2,4_0$ | a. i. | $2,3_9$ | a. i. | $2,7_3$ | i. |
| $1,83_1$ | a. i. | $2,0_6$ | m. | $2,2_2$ | a. i. | $2,2_1$ | a. i. | $2,4_4$ | f. |
| $1,51_2$ | f. | $1,9_4$ | m. | $2,1_0$ | m. | $2,0_9$ | m. | $2,3_7$ | t. f. |
| $1,45_6$ | t. f. | $1,8_1$ | f. | $1,9_9$ | t. f. | $2,0_0$ | f. | $2,2_0$ | a. i. |
| $1,22_2$ | t. f. | $1,73_3$ | t. f. | $1,9_4$ | f. | $1,9_4$ | f. | $2,1_4$ | m. |
| $1,13_3$ | f. | $1,18_4$ | f. | $1,8_9$ | a. i. | $1,8_8$ | a. i. | $2,0_4$ | f. |
| $0,997_5$ | t. f. | $1,15_3$ | t. f. | $1,8_2$ | m. | $1,8_1$ | m. | $1,9_1$ | f. |
| | | $1,09_9$ | t. f. | $1,73_3$ | m. | $1,7_2$ | m. | $1,8_3$ | m. |
| | | $0,959_7$ | t. f. | $1,69_4$ | t. f. | $1,68_5$ | t. f. | $1,77_1$ | f. |
| | | | | $1,56_2$ | t. f. | $1,55_9$ | t. f. | $1,70_6$ | t. f. |
| | | | | $1,48_4$ | m. | $1,48_4$ | m. | $1,66_0$ | t. f. |
| | | | | $1,42_3$ | f. | $1,41_7$ | f. | $1,57_0$ | t. f. |
| | | | | $1,38_4$ | m. | $1,38_1$ | m. | $1,50_0$ | t. f. |
| | | | | $1,32_2$ | f. | $1,31_7$ | f. | $1,32_2$ | t. f. |
| | | | | $1,23_0$ | t. f. | $1,22_8$ | t. fl. | | |
| | | | | $1,19_2$ | m. | $1,18_8$ | m. | | |
| | | | | $1,17_3$ | t. f. | $1,16_8$ | t. f. | | |
| | | | | $1,14_9$ | m. | $1,14_6$ | m. | | |
| | | | | $1,09_2$ | t. f. | $1,09_0$ | t. f. | | |
| | | | | $1,06_2$ | f. | $1,05_9$ | f. | | |

i., intense; t. i., très intense; a. i., assez intense; f., faible; t. f., très faible; fl., floue; t. fl., très floue.

Infrarouge (spectres dans la région de 6 à $15^{\mu}$).

*Position des bandes en μ (longueurs d'onde). — Intensité.*

| Oxalate anhydre. | | Monohydrate A. | | Hydrate B. | | Hydrate C. | | Hydrate D. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $6,1_7$ | i. | $6,1_4$ | i. | $6,0_7$ | i. | $6,2_1$ | i. | $6,2_5$ | i. |
| $7,5_9$ | i. | $7,5_5$ | i. | $7,5_5$ | i. | $7,4_2$ | i. | $7,5_8$ | i. |
| — | — | $9,4_0$ | f. | $8,8_5$ | t. f. | — | — | $8,8_6$ | t. f. |
| — | — | $10,6_3$ | a. i. | $9,9_0$ | f. | — | — | — | — |
| — | — | $11,3_6$ | a. i. | $10,8_0$ | a. i. | 11 | f. | — | — |
| — | — | — | — | $11,9_0$ | f. | — | — | — | — |
| $12,8_8$ | i. | $12,9_2$ | i. | $12,9_2$ | f. | $12,9_0$ | t. f. | $12,8_0$ | a. i. |

3. *Principaux résultats fournis par la comparaison des trois méthodes d'étude.* — Les trois méthodes indiquent qu'il s'agit de cinq corps différents. Le spectre

infrarouge de l'oxalate anhydre, lorsqu'on évite toute trace de réhydratation, ne donne, entre 6 et $15^{\mu}$, que les trois bandes du radical oxalique, communes à tous les oxalates. Les bandes comprises entre 8 et $12^{\mu}$ sont dues à l'eau de cristallisation : elles correspondent à des vibrations du réseau cristallin dont cette eau fait partie (elles n'apparaîtraient pas s'il s'agissait d'eau libre).

Le diagramme de rayons X du monohydrate et celui du sel anhydre indiquent des structures atomiques voisines.

Différenciation des hydrates B et C : une partie (environ $1/2^{\text{mol}}$) de l'eau de la forme C est fixée moins solidement que le reste; la perte ou la reprise de cette eau labile ne modifie en rien le réseau cristallin, car les spectres infrarouges, dans le cours de ces modifications, demeurent identiques à eux-mêmes. Les spectres infrarouges des trihydrates B et C sont différents : celui de C se caractérise en particulier par une forte absorption au delà de $10^{\mu}$, qui pourrait tenir à l'influence de l'eau labile. Les diagrammes de rayons X sont quasi semblables; cependant de légères différences dans les clichés Debye-Scherrer permettent de distinguer ces deux corps : la raie située à 3,84 Å, nette dans l'hydrate B, s'élargit beaucoup dans l'hydrate C; ici l'ordre, dans la succession des plans réticulaires, est fortement perturbé, sans aucun doute par les molécules d'eau peu solidement liées au réseau.

Quant à l'hydrate D, les rayons X indiquent une structure atomique totalement différente de A, B et C.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence du bicarbonate de lithium.* Note de M<sup>lle</sup> **Lucienne Lagarde**, présentée par M. Charles Fabry.

Le $CO^3LiH$, comme les bicarbonates alcalinoterreux et contrairement aux autres bicarbonates alcalins, n'a pu être isolé; son existence reste donc hypothétique. Les recherches que j'ai entreprises ont pour but de confirmer cette hypothèse.

L'augmentation de solubilité de $CO^3Li^2$ dans une eau chargée en gaz carbonique a été remarquée depuis fort longtemps (1857). En 1911 Ageno et Valla ([1]), étudiant l'hydrolyse de ce sel, ont mesuré la solubilité pour des pressions de $CO^2$ de 200 à $600^{\text{mm}}$ de mercure. Haenel en 1937 ([2]) a déterminé les quantités de $CO^3Li^2$ dissoutes dans de l'eau contenant du $CO^2$ sous des pressions plus élevées, de 1 à $60^{\text{atm}}$ pour différentes températures.

En m'appuyant sur la loi de Guldberg et Waage, j'ai étudié systématiquement la solubilité de ce corps, en fonction de la pression de $CO^2$, celle-ci variant dans de très larges limites (5 à $800^{\text{mm}}$ de mercure). En présence d'un

---

([1]) *Atti della Reale Accademia dei Lincei*, 2, 1911, p. 706.

([2]) *J. prakt. Chem.*, 148, 1937, p. 295 à 309.

grand excès d'eau on doit avoir

$$\frac{[CO^3LiH]^2}{[CO^3Li^2][CO^2]} = K.$$

D'après la loi de Henry, $[CO^2] = A.\lambda.P$ pour l'eau pure; mais, le $CO^3Li^2$ se dissolvant en quantités assez importantes, dans la formule précédente, il faut introduire un terme correctif A inférieur à 1, déterminé pour chaque concentration de ce sel. J'ai déjà mesuré ce coefficient de relargage A ([3]). On a donc $[CO^2] = A.\lambda.P$, et l'on arrive à l'équation

$$\frac{[CO^3LiH]^2}{[CO^3Li^2].A.\lambda.P} = K_1,$$

dans laquelle λ est comprise dans la valeur de la constante d'équilibre.

On a mesuré les concentrations de $CO^3Li^2$ par valeurs ascendantes (↑), et par valeurs descendantes (↓) de la pression. Le liquide était soutiré du tube, directement, en évitant toute aspiration, afin de ne pas avoir de pertes en $CO^2$. On dosait sous la pression P (en millimètres de mercure), à la fois le Li total (en atomes-grammes par litre) par alcalimétrie, et par acidimétrie (emploi d'une liqueur de soude titrée et précipitation par $BaCl^2$) le $CO^2$ (en molécules-grammes par litre) fixé par la liqueur soit à l'état libre, soit à l'état de $CO^3LiH$. Pour confirmer ces derniers résultats, je faisais bouillir un volume déterminé de solution en absorbant le $CO^2$ que je dosais ensuite par gravimétrie. Ces deux méthodes, contrôlées avec du $CO^3NaH$ pur, ont donné des résultats exacts à 1 % près, obtenus d'ailleurs par excès (carbonatation légère de la soude ou faible hydrolyse de la solution de $CO^3Li^2$). D'autre part le $CO^2$ libre dans la solution est exprimé par le quotient $(\beta.A.P):(760.11,2)$, β étant pour ce gaz, dans l'eau pure, le coefficient d'absorption de Bunsen.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

| $t°$ | P | [Li] total. | [CO²] total. | A | [CO²] libre. | [CO³LiH] | [CO³Li²] | $K_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17,0... | 0 | 0,362 | 0, | 1,00 | 0, | 0, | 0,181 | – |
| 17,2... | ↓ 4,8 | 0,488 | 0,188 | 0,84 | 0,00023 | 0,276 | 0,106 | 0,178 |
| 16,8... | ↑ 16 | 0,597 | 0,2165 | 0,805 | 0,00075 | 0,432 | 0,0825 | 0,176 |
| 16 ... | ↓ 17 | 0,616 | 0,2355 | 0,805 | 0,0008 | 0,459 | 0,0785 | 0,196 |
| 15,9... | ↓ 35 | 0,711 | 0,292 | 0,78 | 0,0016 | 0,581 | 0,065 | 0,190 |
| 15,5... | ↓ 55 | 0,784 | 0,3385 | 0,755 | 0,0025 | 0,672 | 0,056 | 0,194 |
| 17 ... | ↑ 107 | 0,908 | 0,4135 | 0,725 | 0,0044 | 0,818 | 0,045 | 0,192 |
| 16,9... | ↑ 150 | 0,970 | 0,4525 | 0,705 | 0,0059 | 0,893 | 0,0385 | 0,196 |
| 16,8... | ↓ 255 | 1,127 | 0,540 | 0,665 | 0,0096 | 1,060 | 0,0335 | 0,198 |
| 16,2... | ↓ 380 | 1,248 | 0,610 | 0,65 | 0,0143 | 1,191 | 0,0285 | 0,201 |
| 16,5... | ↓ 584 | 1,365 | 0,6795 | 0,62 | 0,0200 | 1,319 | 0,023 | 0,208 |
| 16,2... | ↓ 749 | 1,475 | 0,7435 | 0,59 | 0,0255 | 1,436 | 0,0195 | 0,239 |
| 17 ... | ↑ 800 | 1,480 | 0,747 | 0,59 | 0,0260 | 1,442 | 0,0190 | 0,232 |

Si l'on néglige les premiers et les derniers résultats de ce tableau et que l'on ne considère que les nombres correspondant aux pressions comprises entre 17

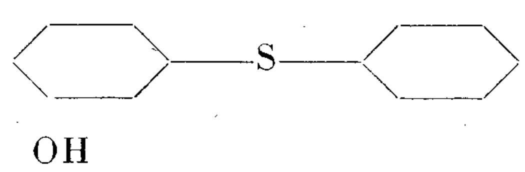
([3]) *Société chimique*, Section de Marseille, séance du 8 mai 1943.

et 380$^{mm}$ (rapport 1 : 22), on peut constater que les variations de $K_1$ à partir de sa valeur moyenne (0,195), ne dépassent pas 3 % et ne paraissent pas systématiques. Dans cet intervalle $K_1$ peut donc être considéré comme constant. Pour les premiers nombres la précision des mesures est médiocre, par suite de la difficulté de mesurer P; pour les derniers, [$CO^3Li^2$], obtenue par demi-différence entre [Li total] et [$CO^3LiH$], elle est entachée d'une erreur systématique par défaut (ce qui accroît $K_1$) par suite des causes d'inexactitude indiquées plus haut; cette divergence va en s'accentuant à mesure que la valeur absolue de [$CO^3Li^2$] diminue.

De la constance de la valeur de $K_1$ mise ainsi en évidence par mes expériences, on peut donc déduire d'une manière certaine l'existence du bicarbonate de lithium à l'état dissous.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur divers composés alicycliques sulfurés.* Note de M. **Max Mousseron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Afin de poursuivre l'étude de quelques alicycliques renfermant du soufre[1], nous avons examiné diverses séries de composés.

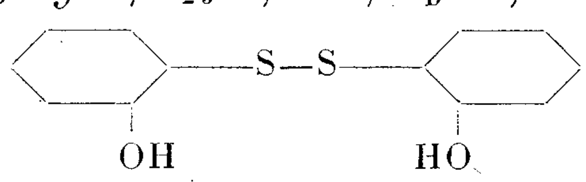
I. *Thiohydroxy-2 cyclanes* 

Ils sont isolés après action des cyclanethiols sodés sur les chloro-2 cyclanols *trans* en milieu alcoolique à chaud.

| | $É_{12}$. | $d_{25}$. | $n_D^{25}$. |
|---|---|---|---|
| Cyclohexylthiohydroxy-2 cyclopentane....... | 165° | 1,067 | 1,5250 |
| « « cyclohexane........ | 170 | 1,051 | 1,5231 |
| Cyclopentylthiohydroxy-2 cyclopentane: .... | 157 | 1,069 | 1,5240 |

Dans des conditions identiques, le cyclohexanethiol sodé fournit, avec l'époxycyclohexane, un mélange des deux stéréoisomères du cyclohexylthiohydroxy-2 cyclohexane : $É_{12}$ 170; $d_{25}$ 1,045; $n_D^{25}$ 1,5202.

Il est possible de préparer les éthers correspondants : éther éthylique $É_{15}$ 165°; $d_{25}$ 1,013; $n_D^{25}$ 1,5085; diéther éthylique du *bis* hydroxycyclohexylsulfure a été isolé : $É_{15}$ 190°; $d_{25}$ 1,033; $n_D^{25}$ 1,5057.

II. *Bis-cyclanyldisulfures* 

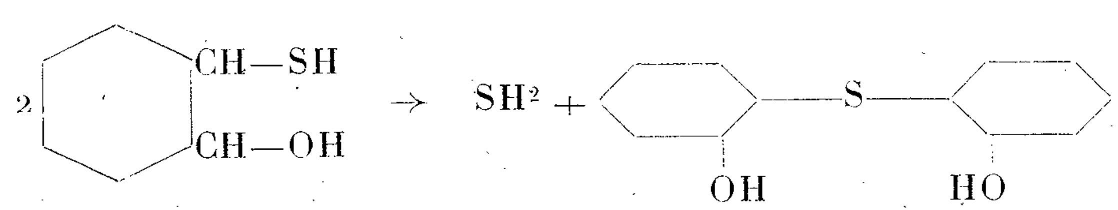
On peut les préparer par action du disulfure de sodium sur les chloro-2 cyclanols en milieu alcoolique absolu à chaud.

| | | |
|---|---|---|
| *Bis* hydroxy-2 cyclopentyldisulfure.......... | F 70-71 | (benzène) |
| » cyclohexyl.................. | 156-157° | |

[1] Mousseron, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 357.

En remplaçant la chlorhydrine par l'époxycyclohexane, on sépare, par cristallisations répétées dans le benzène et éther de pétrole, les stéréoisomères, correspondant probablement aux deux formes spatiales déjà décrites pour les monothioéthers F 156° et une deuxième fusible vers 180°.

La réduction du disulfure F 156° par l'étain en milieu acide s'accompagne d'un dégagement de $SH^2$ correspondant à une perte d'un atome de soufre, tandis que l'on sépare le monosulfure F 71°. Il semble que la réduction entraîne la formation du cyclohexanol-1 thiol-2 intermédiaire, instable, suivie d'une condensation ([2]).



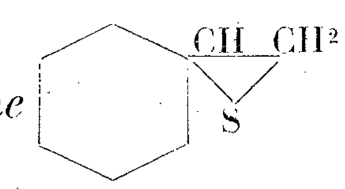

L'instabilité de la sulfhydrine est d'ailleurs prouvée par d'autres réactions :

*a*. L'action de $SH^2$ ou de KSH sur l'époxycyclohexane et celle de l'eau sur l'épithiocyclohexane conduisent au bishydroxycyclohexyl sulfure F 71°.

*b*. Le chauffage prolongé vers 140° d'une solution de sulfhydrate de potassium à 50 % avec le cyclohexanol-2 sulfonate de sodium ([3]) fournit le cyclohexanediol-1.2 *trans* après formation vraisemblable de sulfhydrine, alors que dans les mêmes conditions la potasse à 50 % n'altère pas le dérivé sulfoné.

III. *Dérivés aminés.* — Le cyclohexylthioamino-2 cyclohexane est isolé après chauffage du cyclohexanethiol sodé et du chloro-2 aminocyclohexane ([4]), $É_{15}$ 160°, chlorhydrate F 200° (déc.). Le *bis* amino-2 cyclohexyldisulfure s'obtient par action du disulfure de sodium sur l'amine chlorée : $É_{15}$ 200°, chlorhydrate F 230° (déc.).

IV. *Épithiométhène cyclohexane*




On l'obtient selon le procédé de Delépine ([5]) par action du sulfure de sodium sur le thiocyano-1 thiocyanométhyl-1 cyclohexane F 63° ([1]); il se présente sous forme d'un liquide $d_{25}$ 1,065, $n_D^{25}$ 1,5310.

Par chauffage avec de l'eau, on isole le thiodicyclohexylméthylol-1 $C^6H^{10}(CH^2OH)—S—C^6H^{10}(CH^2OH)$ F 55°; ce composé a pu être également séparé par action du sulfure de sodium soit sur le chloro-1 méthylol-1 cyclohexane ([6]), soit sur l'époxyméthènecyclohexane.

---

([2]) TCHITCHIBABINE, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 242.

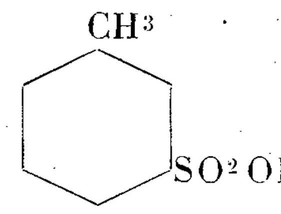
([3]) BRUNEL, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 63.

([4]) OSTERBERG et KENDALL, *J. Amer. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 2616.

([5]) DELÉPINE, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 24, 1920, p. 740.

([6]) TIFFENEAU-WEIL et Mlle TCHOUBAR, *Comptes rendus*, 205, 1937, pp. 54 et 144.

V. *Acides méthyl-3 cyclohexylsulfoniques actifs*



Ils ont été isolés après action de l'anhydride sulfureux sur les magnésiens des méthyl-3 chlorocyclohexanes actifs ([7]) suivie d'une oxydation permanganique; les sels de potassium ont été recristallisés, et, après passage aux sulfochlorures, les acides sulfoniques ont été séparés :

| | F. | [α] 546. | [α] 579. | |
|---|---|---|---|---|
| Acide *cis* | 95° | +2°,16 | +1°,82 | (C = 8,3 %, $C^6H^6$) |
| Sel de K | | +2,02 | +1,80 | (C = 10 % $OH^2$) |
| Acide *trans* | 93 | +1,44 | +1,20 | |
| Sel de K | | +1,25 | +1,12 | |

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur les variations avec la température de la biréfringence du gypse et de la barytine.* Note de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

Par des mesures de précision effectuées sur le gypse de Montmartre, Dufet ([1]) tendait à prouver que les échantillons d'une espèce minérale provenant d'un même gisement possèdent des constantes optiques bien déterminées. Les nombreuses mesures réalisées depuis n'ont pas vérifié cette opinion; non seulement beaucoup d'espèces minérales ont des constantes optiques qui varient notablement d'un gisement à l'autre, mais il n'existe même pas, pour un gisement donné, cette homogénéité que supposait Dufet.

Par exemple, la biréfringence des lames de clivage du gypse peut varier entre 0,0089 et 0,0100 (raie D), suivant sa provenance et, pour le gypse de Montmartre, cette biréfringence oscille entre 0,00895 et 0,00930, à la température ordinaire.

Il faut s'attendre à une même dispersion des résultats en ce qui concerne la variation avec la température de la biréfringence des lames de clivage du gypse. Comme les données numériques sur ce phénomène sont encore peu nombreuses, je l'ai étudié sur les lames dont j'ai mesuré récemment la biréfringence dans le proche infrarouge ([2]). La méthode est celle des spectres cannelés; la température a varié entre 10° et 100°; la correction due à la dilatation des lames a été calculée à partir des nombres de Fizeau. Les résultats sont les suivants :

([7]) Mousseron et Granger, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1486.

([1]) *Bull. Soc. Fr. Min.*, 11, 1888, p. 135.

([2]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 409.

1° à 1 % près, la biréfringence $b = n_g - n_p$ des lames de clivage est une fonction linéaire de la température, pour une radiation de longueur d'onde donnée;

2° $db/dt$ est un nombre négatif qui décroît régulièrement quand la longueur d'onde décroît (entre 8500 et 3500 Å).

Le tableau I donne, pour différentes longueurs d'onde, $b$ à 17° (connu à 0,5 ou 1 % près) et $db/dt$ (connu à 2 % près).

TABLEAU I.

| λ. | $b$ à 17°. | $db/dt$. | λ. | $b$ à 17°. | $db/dt$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 8500... | 0,00873 | −0,00000555 | 5500... | 0,00926 | −0,00000600 |
| 8000... | 885 | 560 | 5000... | 935 | 602 |
| 7500... | 893 | 570 | 4500... | 944 | 608 |
| 7000... | 900 | 575 | 4000... | 955 | 610 |
| 6500... | 908 | 585 | 3500... | 970 | 615 |
| 6000... | 917 | 590 | | | |

Dufet avait donné pour $db/dt$ une valeur sensiblement double (— 0,0000117, raie D); Hutchinson et Tutton ([3]) trouvent une valeur plus voisine de la mienne (— 0,0000090).

J'ai effectué les mêmes mesures, dans les mêmes conditions, sur la lame de barytine, perpendiculaire à la bissectrice aiguë des axes optiques, étudiée précédemment dans le proche infrarouge ([3]). J'ai trouvé :

1° qu'à 1 % près, la biréfringence $b = n_m - n_p$, pour une radiation donnée, est une fonction linéaire de la température, entre 10° et 100°;

2° que $db/dt$ est un nombre positif qui croît régulièrement lorsque la longueur d'onde décroît (entre 9000 et 3800 Å).

Le tableau II donne pour différentes longueurs d'onde, $b$ à 16° (connu à 0,5 ou 1 % près) et $db/dt$ (à 2 % près).

TABLEAU II.

| λ. | $b$ à 16°. | $db/dt$. | λ. | $b$ à 16°. | $db/dt$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 9000... | 0,001046 | 0,0000080 | 6000... | 0,001155 | 0,0000090 |
| 8500... | 1060 | 81 | 5500... | 1183 | 93 |
| 8000... | 1075 | 82 | 5000... | 1232 | 98 |
| 7500... | 1090 | 83 | 4500... | 1302 | 103 |
| 7000... | 1108 | 84 | 4000... | 1394 | 108 |
| 6500... | 1130 | 86 | 3800... | 1442 | 110 |

De mesures anciennes d'Arzruni ([4]), on déduit pour $db/dt$ une valeur négative, rapidement variable avec la longueur d'onde. Offret ([5]) donne une

([3]) HUTCHINSON et TUTTON, *Min. Magaz.*, **16**, 1912, p. 257 et *Z. Kryst.*, **52**, 1913, p. 218.

([4]) *Gr. Zeits*, **1**, 1877, p. 165.

([5]) *Bull. Soc. Fr. Min.*, **13**, 1890, p. 405.

valeur voisine de 0,0000024. D'une remarque de Sève ([6]), on peut tirer pour $db/dt$ une valeur moyenne voisine de 0,0000080, tout à fait comparable à la mienne.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la concentration du milieu sur l'accumulation de l'azote minéral par les tissus végétaux.* Note de M. **Raoul Combes** et M^lle^ **Maximilienne Malzieu**, présentée par M. Marin Molliard.

L'étude de l'action des éclairements de faible intensité et celle de l'action du milieu aquatique sur le métabolisme azoté des végétaux ont conduit à attribuer l'accumulation de nitrates qui se produit dans les organes sous ces influences aux caractères particuliers de structure physicochimique que prennent les tissus lorsqu'ils se forment dans ces conditions. Les tissus qui se construisent aux éclairements faibles ou en immersion dans l'eau, auxquels on peut ajouter les tissus jeunes, également riches en nitrates, ont en effet des caractères communs de structure : faible consistance, hydratation élevée, faibles accumulations de matériaux inertes, faible pression osmotique; ce seraient certains de ces caractères qui leur confèreraient des facultés spéciales d'absorption et de fixation des nitrates et d'autres sels minéraux ([1]).

Nous avons pensé qu'il devait être possible d'aller plus loin dans l'étude de cette question en intervenant directement sur les caractères de structure qui sont susceptibles d'être en cause, et, parmi ces derniers, nous avons tout d'abord examiné la concentration des tissus en matières dissoutes.

Les expériences ont été réalisées sur le Radis. La plante a été cultivée sur les racines immergées dans des solutions minérales diversement concentrées, les organes chlorophylliens se développant dans l'air. Sept sortes de solutions ont été utilisées; la solution S 1 est un liquide de composition voisine de celle du milieu de Knop; elle contient $(NO^3)^2$ Ca $1^g$; $PO^4 H^2K$ $0^g,25$; $SO^4$ Mg $0^g,25$; K Cl $0^g,10$; phosphate ferroso-ferrique traces, eau q. s. pour $1000^{cm^3}$. Les autres solutions, S 1/2, S 5, S 10, S 20, S 30, S 40, contiennent toutes la même quantité de nitrate de calcium ($1^g$ %), mais les quantités des autres sels sont multipliées par 1/2, 5, 10, 20, 30 et 40. Trois séries de cultures ont été réalisées successivement; la durée de chacune a été d'un mois environ; elles ont donné des résultats analogues; nous indiquons ci-après les résultats d'analyses relatifs à l'une de ces séries. Dans chaque lot on a dosé l'azote protéique, l'azote soluble total, puis séparément l'azote ammoniacal, l'azote nitrique et l'azote amidé. Les quantités trouvées sont exprimées en milligrammes et rapportées soit à une plante, soit à $100^g$ de

([6]) *Ann. de Phys.*, 17, 1932, p. 137.

([1]) R. Combes, A. Brunel et M^lle^ A. Chabert, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 69.

substance végétale sèche; seule l'eau est exprimée en grammes et rapportée à 100g de substance fraîche.

| Concentration des solutions. | Eau % subs. fraîche. | Quant. par plante | | | Quant. p. 100g subst. sèche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Subs. sèche. | N protéique. | N soluble. | N protéique. | N soluble. | N ammon. | N nitrique. | N amidé. |
| S 1/2.... | 93,2 | 40,3 | 0,62 | 1,30 | 1540 | 3224 | 226 | 619 | 241 |
| S 1..... | 93,1 | 38,4 | 0,61 | 1,05 | 1586 | 2740 | 224 | 718 | 359 |
| S 5..... | 94,1 | 38,8 | 0,71 | 1,47 | 1838 | 3782 | 396 | 298 | 127 |
| S 10.... | 93,3 | 57,3 | 0,79 | 1,08 | 1389 | 1888 | 98 | 25 | 224 |
| S 20.... | 92,3 | 43,4 | 0,78 | 0,61 | 1793 | 1403 | 73 | 0 | 284 |
| S 30.... | 91,8 | 39,5 | 0,57 | 0,54 | 1442 | 1363 | 90 | 14 | 207 |
| S 40.... | 92 | 39,5 | 0,64 | 0,43 | 1632 | 1093 | 54 | 0 | 211 |

On voit qu'un individu élabore la même quantité de matières protéiques en milieu dilué (S 1/2, S 1) et en milieu concentré (S 30, S 40), mais il accumule notablement plus de substances azotées solubles en milieu dilué; en outre la concentration de ces dernières substances dans les tissus y atteint un taux plus élevé.

Ce sont surtout les résultats des dosages relatifs aux différentes formes de substances azotées solubles qui doivent retenir notre attention. Il apparaît nettement que les plantes développées en milieux faiblement concentrés sont beaucoup plus riches en nitrates et en sels d'ammonium que celles des milieux très concentrés. Exprimé en nitrate de potassium, l'azote nitrique atteint une concentration de 4,47 % chez les individus développés en S 1/2 et 5,17 % chez ceux développés en S 1; par contre il disparaît plus ou moins complètement chez les plantes des milieux concentrés. Les différences sont moins grandes, mais de même sens en ce qui concerne l'azote ammoniacal.

Demoussy ([2]) avait émis l'opinion que les nitrates qui s'accumulent dans les tissus sont fixés par le protoplasma vivant, et il avait fait connaître des faits paraissant établir que l'accumulation des nitrates est proportionnelle à la quantité de protéides contenus dans les plantes. Les résultats que nous venons d'exposer ne sont pas en accord avec cette hypothèse; ils montrent en effet une indépendance complète entre l'accumulation des nitrates et la richesse des tissus en protéides. La même indépendance existe vis-à-vis de la teneur de ces tissus en amides et aussi vis-à-vis de leur taux d'hydratation.

Ainsi, chez des plantes vivant en milieux diversement concentrés en sels minéraux, mais ayant toutes à leur disposition la même quantité de nitrates, la réduction des nitrates absorbés par les racines et leur transformation en protéides se font tout aussi activement chez les individus des milieux fortement concentrés que chez ceux des milieux faiblement concentrés, mais les deux

([2]) *Comptes rendus*, **118**, 1894, p. 79; **119**, 1894, p. 868.

sortes de plantes diffèrent essentiellement en ce que les tissus des secondes accumulent beaucoup plus de nitrates et de sels d'ammonium que ceux des premières. Ce sont là de nouveaux faits à l'appui de l'hypothèse selon laquelle l'accumulation de ces sels serait en relation avec la structure physicochimique des tissus et non avec l'activité de la protéogénèse. Mais, en outre, ces résultats permettent de compléter l'interprétation proposée. Ils montrent que la concentration des tissus en substances dissoutes paraît être l'un des facteurs de la structure physicochimique qui joue le rôle le plus important dans la faculté que possèdent les tissus d'absorber et de fixer les sels minéraux. On peut supposer qu'elle intervient indirectement dans ces phénomènes par son action sur la genèse et la structure physicochimique de certains colloïdes cellulaires.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Étude de l'action de l'adrénaline sur les cellules végétales vivantes.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Une étude précédente a montré que l'adrénaline agit directement sur la cellule animale vivante en augmentant le rythme des oxydations cellulaires ([1]). Si l'adrénaline participe à l'un des mécanismes fondamentaux de la respiration cellulaire, elle doit avoir une action analogue sur la cellule végétale. Pour connaître le degré de généralité de l'action de l'adrénaline, nous avons étudié des cellules végétales de types très différents.

La technique utilisée est analogue à celle qui a été employée pour la cellule animale. Un fragment microscopique de tissu végétal vivant est divisé en deux parties égales. Chacune de ces parties est placée, au même moment, l'une dans une goutte de solution A, l'autre dans une goutte de solution B, qui est semblable à la solution A, mais contient des traces d'adrénaline. Le séjour de ces deux fragments est exactement le même; on ajoute alors la même quantité de même leucodérivé à chacun des deux milieux A et B, et l'on étudie le pouvoir d'oxydation des cellules de chacun des deux fragments de tissu.

Un petit lambeau d'épiderme du filet de l'étamine de Cerisier est divisé en deux parties égales. L'une de ces parties est placée dans une goutte d'eau, l'autre dans une goutte de solution d'adrénaline à 1/1000. Après un séjour de 3 minutes, on ajoute, à chacune de ces préparations, une goutte de leucodérivé de la phénosafranine et on les recouvre d'une lamelle. Les cellules soumises à l'action de l'adrénaline réoxydent assez rapidement le leucodérivé qu'elles absorbent et se colorent en rouge, alors, qu'au même moment, les cellules normales sont seulement colorées en jaune. La même expérience, faite avec le leucodérivé du vert de méthyle, donne des résultats analogues. Les cellules ayant absorbé de l'adrénaline réoxydent plus rapidement le leucodérivé que les cellules normales. Un fragment de l'épiderme du filet de l'éta-

---

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 384.

mine ou du pédoncule floral, chez le Glaïeul, traité par la même méthode et étudié, soit par le leucodérivé de la phénosafranine, soit par le leucodérivé du bleu de crésyl, donne des résultats semblables. Dans toutes ces expériences, la présence de l'adrénaline dans la cellule vivante augmente le pouvoir d'oxydation intracellulaire.

Une petite masse de pollen, prélevée sur une étamine de Linaire, est divisée en deux parties égales. L'une de ces parties est placée dans une goutte de la solution Ringer, l'autre dans une goutte de Ringer contenant 1/2000 d'adrénaline. Après un séjour de 6 minutes, on ajoute à chacune des deux préparations la même quantité de leucodérivé du bleu de toluylène. Malgré les différences qui existent entre les divers grains de pollen d'une préparation, ceux qui ont été soumis à l'action de l'adrénaline sont, en général, capables d'oxyder plus rapidement le leucodérivé qu'ils ont absorbé. Des expériences analogues, faites sur le pollen de Rhododendron avec le leucodérivé du bleu de toluylène et avec le leucodérivé de la rosinduline, donnent des résultats semblables.

Un lambeau microscopique, détaché de l'épiderme d'une jeune tige de Maïs, dans une région dépourvue de chlorophylle, est divisé en deux parties égales. Une de ces parties est placée dans une goutte d'eau, l'autre dans une goutte d'une solution d'adrénaline à 1/1000. Après un séjour de 5 minutes, on ajoute à chacune des deux préparations deux gouttes de leucodérivé du bleu de toluylène. Après avoir recouvert chaque préparation d'une lamelle, en comparant les deux préparations, on constate que les cellules qui ont absorbé de l'adrénaline ont un pouvoir oxydant plus élevé. Une expérience analogue, faite avec un fragment d'épiderme de feuille de Lis, prélevé dans une région dépourvue de chlorophylle, donne, avec le leucodérivé du rouge neutre, des résultats semblables. Il en est de même pour l'épiderme de la feuille de Poireau, étudié, soit avec le leucodérivé du rouge neutre, soit avec le leucodérivé du bleu de Nil.

Conclusions. — *L'adrénaline peut agir dans les types cellulaires les plus divers du règne animal et du règne végétal. Sa présence dans la cellule augmente le rythme des oxydations. La généralité de son action montre qu'elle participe à l'un des mécanismes fondamentaux des catalyses d'oxydation intracellulaires.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La fermentation β-hydroxybutyrique dans le genre* Bacillus. Note (¹) de M. **Maurice Lemoigne**, M^lle^ **Berthe Delaporte** et M^me^ **Madeleine Croson**.

Les Bactéries sporogènes qui constituent le genre *Bacillus* jouent certainement un rôle important dans la dégradation naturelle des matières organiques et, par la diversité des produits qu'elles engendrent lors de la décomposition des glucides, elles présentent un grand intérêt biochimique.

(¹) Séance du 1er mars 1943.

Aussi conçoit-on toute l'utilité qu'il y aurait à les bien connaître. Or, malgré le nombre élevé des travaux dont elles ont fait l'objet, la plus grande confusion règne encore à leur égard, même en ce qui concerne la simple détermination des espèces et la connaissance des propriétés biochimiques de chacune d'elles. C'est pourquoi nous avons entrepris une étude botanique et chimique du genre *Bacillus*.

Dans cette Note, nous étudions la répartition, dans ce genre, des ferments β-hydroxybutyriques.

L'un de nous ([2]) a appelé *fermentation β-hydroxybutyrique* la fermentation des glucides au cours de laquelle apparaissent l'acide β-hydroxybutyrique et un de ses produits de déshydratation et de polymérisation (produit Y) de formule $(C^4H^6O^2)^n$, qui est sans doute un lactide ou un étholide β-hydroxybutyrique.

Nous avons recherché ce produit dans 192 souches de bacilles par une technique chimique antérieurement décrite ([3]). Les résultats ont été positifs avec 101 souches et négatifs avec 91.

D'autre part, à l'examen microscopique, beaucoup de ces bacilles contiennent des globules réfringents colorables au Soudan III, parfois très abondants et qui doivent être considérés comme des inclusions lipidiques.

Or, comme le tableau le montre nettement, il y a une corrélation très étroite entre la présence de ces inclusions et celle du produit Y. Les Bactéries du genre *Bacillus* contiennent certes d'autres lipides, mais l'on peut affirmer que la majeure partie de leurs réserves lipidiques, avant sporulation, est constituée par ce produit de déshydratation et de polymérisation de l'acide β-hydroxybutyrique.

La confusion dans la systématique des Bacilles est telle que nous n'avons pu encore classer toutes nos souches en espèces bien définies. Nous avons pu néanmoins en caractériser six, dont cinq sont, et de beaucoup, les plus répandues dans la nature.

| Espèce. | Largeur des bacilles en μ. | Nombre de souches. | Présence des lipides apparents. | Présence de produit β-hydroxy-butyrique (produit Y). |
|---|---|---|---|---|
| *Bacillus megatherium*... | 1,4-2,2 | 30 | + | + |
| » *mycoïdes*....... | 1,1-2,0 | 6 | + | + |
| » *cereus*......... | 1,0-1,9 | 49 | + | + |
| » *polymyxa*...... | 1,0 | 1 | + | + |
| Bacilles non classés...... | | { 15 | + | + |
| | | { 17 | 0 | 0 |
| *Bacillus subtilis*........ | 0,7-1,0 | 17 | 0 | 0 |
| » *mesentericus*... | 0,5-0,8 | 57 | 0 | 0 |

([2]) M. Lemoigne, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1761; **178**, 1924, p. 1093.

([3]) M. Lemoigne et N. Roukhelmann, *Ann. des Fermentations*, 5, 1939-1940, p. 527.

Les ferments β-hydroxybutyriques sont surtout des Bacilles larges, ayant au moins 1μ d'épaisseur. En outre, pour les souches étudiées, la présence du produit Y est un caractère d'espèce. Il y a là un test bactériologique utile.

Une autre conclusion est que cette accumulation de réserves lipidiques β-hydroxybutyriques n'est pas le propre d'une seule espèce microbienne, mais que d'autres, tout à fait différentes morphologiquement, peuvent la provoquer. Or ces espèces, et notamment *B. cereus* et *B. megatherium*, sont extrêmement répandues dans le sol, le fumier, les matières organiques en décomposition. Il en résulte que cette fermentation β-hydroxybutyrique, comme la fermentation butylèneglycolique, est un processus important de la destruction des glucides dans la nature.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le mécanisme de la transformation des lipides en glucides au cours de la germination du Ricin.* Note [1] de M. **Jacques Houget**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré [2] que les réserves grasses de la graine de Ricin sont transformées par l'albumen en saccharose pendant la germination. On sait que la majeure partie des glucides formés dans ces conditions doit provenir de la transformation des acides gras (Maquenne, Leclerc du Sablon). Müntz avait pensé que les acides gras passaient d'abord par le stade d'acides-alcools, mais von Fürth a rejeté cette théorie en montrant que l'indice d'hydroxyle des graisses n'augmente pas pendant la germination. La question n'a fait depuis aucun progrès et l'on ignore toujours par quel mécanisme les acides gras sont convertis en glucides.

Nous avons fait germer aussi stérilement que possible des graines de *Ricinus sanguineus* à 28°,5, température voisine de l'optimum. Nous rapportons ci-dessous, en fonction de la durée de germination, les valeurs des glucides totaux, des acides gras, du phosphore lipidique ainsi que des indices d'iode, d'hydroxyle et de saponification des graissses; les résultats sont exprimés pour 100 graines.

| Jours de germination........ | 0. | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Glucides totaux (g.)......... | 1,12 | 1,09 | 1,00 | 2,44 | 11,47 | 19,66 |
| Acides gras (g.)............. | 23,4 | 23,3 | 22,6 | 21,2 | 8,98 | 0,32 |
| P lipidique (mg.)........... | 7,47 | 8,22 | 10,7 | 16,2 | 14,3 | 5,6 |
| Indice d'iode............... | 85,5 | 85,9 | 84,0 | 85,5 | 85,1 | 85,3 |
| » d'hydroxyle.......... | 172,6 | 174,7 | 177,9 | 178 | 185 | 185 |
| » de saponification...... | 181,4 | 182,5 | 185,9 | 182,7 | 187,7 | 195,2 |

La transformation des graisses en glucides débute le troisième jour de la

(1) Séance du 16 novembre 1942.

(2) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 387.

germination et progresse si vite que tout est terminé dès le cinquième jour. Les phospholipides augmentent très nettement dans les premiers jours, et ceci frappe d'autant plus que leur maximum est atteint le troisième jour; sans doute ces composés jouent-ils un rôle dans la transformation, peut-être en présentant les acides gras sous une forme plus réactive. L'examen des indices montre que les acides gras restants conservent pratiquement le même poids moléculaire, présentent toujours une double liaison, mais voient leur nombre de fonctions alcooliques augmenter légèrement.

Nous avons obtenu des indications plus nettes en effectuant la germination à 37°,4 : la transformation des lipides en glucides se poursuit encore, mais l'indice d'hydroxyle des graisses monte alors à 196 le quatrième jour de la germination. Nous avons tenté de séparer les acides gras responsables d'un indice aussi élevé. Le procédé qui nous a donné le plus de satisfaction, sans nous permettre toutefois d'arriver au but, consiste à faire des précipitations fractionnées des acides gras à l'état de sels de calcium. Nous avons ainsi obtenu une fraction ayant pour indice d'acide 187,3; indice d'iode 84,0; indice d'hydroxyle 262,3; alors que l'acide ricinoléique, acide prépondérant de l'huile de Ricin, a pour indices respectifs : 188,2; 85,2; 188,2. On voit donc qu'il se forme au cours de la conversion des acides gras en saccharose un acide de poids moléculaire voisin des acides préexistants, possédant toujours une double liaison, mais plus d'une fonction alcool. A notre connaissance un tel acide n'a pas été décrit.

Son existence nous paraît assez certaine pour étayer une hypothèse concernant le mécanisme de la tranformation des graisses en hydrates de carbone : hydratation de la double liaison de l'acide ricinoléique fournissant une fonction alcool de plus, reformation de la double liaison par déshydrogénation. On comprendrait ainsi que, de proche en proche, les groupements $CH^2$ des acides gras soient transformés en groupements CHOH caractéristiques des sucres.

CYTOLOGIE COMPARÉE. — *Sur certaines anomalies de la mitose observées dans du cancer humain.* Note de M. **Raymond Garrigues**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Il est de notion classique que les cancers humains et animaux présentent, normalement, c'est-à-dire indépendamment de tout traitement par les radiations, un grand nombre d'images mitotiques, dont certaines sont régulières et d'autres atypiques (géantes, pluripolaires etc.). L'étude cytologique approfondie de ces troubles mitotiques a fait l'objet de Mémoires importants (M. Levine etc.) [1], mais peu nombreux et relativement anciens; or les

[1] *Am. J. of Cancer*, 15, 1931, pp. 144-211, 788-834.

travaux récents sur les anomalies de la mitose produites par les substances mitoclasiques appellent, comme Mangenot l'a récemment fait ressortir ([2]), une comparaison précise entre ces troubles expérimentaux et les désordres observés dans les cellules cancéreuses. C'est à cette comparaison que nous nous sommes intéressé, en étudiant les caractères cytologiques du cancer humain (épithélioma du col utérin), au moyen des méthodes (fixation aux liquides de Nawaschine et de Helly; coloration par l'hématoxyline ou la réaction nucléale de Feulgen) nous ayant précédemment servi pour l'étude de cellules végétales soumises à l'action du chloral ou de la colchicine ([3]). Simultanément et à titre de contrôle, nous avons étudié le noyau et la mitose normale dans l'épithélium sain ou néoplasique, les noyaux sont du type semi-réticulé, avec des chromocentres plus ou moins volumineux et quelques nucléoles; dans l'épithélium sain on ne trouve aucune des altérations qui vont maintenant être décrites.

Un premier coup d'œil jeté sur les coupes d'épithéliomas révèle l'existence de noyaux quiescents de formes et de dimensions diverses : tandis que la plupart sont globuleux et d'un ordre de grandeur normal ($9^{\mu}$), d'autres, plus ou moins volumineux, parfois géants (jusqu'à $27^{\mu}$), sont découpés en lobes irréguliers par des incisures diversement profondes; les dimensions des cellules, très inégales, correspondent à celles des noyaux, et, dans son ensemble, le tissu cancéreux offre une certaine ressemblance avec le tissu méristématique d'une racine ou d'une tige soumis à l'action de la colchicine. L'analyse des images mitotiques permet de poursuivre et de préciser la comparaison. On observe en effet dans l'épithélioma des cinèses de types divers et que l'on peut répartir en deux catégories, suivant qu'elles sont, aux stades consécutifs à la prophase, régulières ou atypiques (on n'observe jamais de figures prophasiques anormales).

Les mitoses régulières sont caractérisées par des images métaphasiques, anaphasiques et télophasiques banales, exprimant un comportement chromosomique et un fonctionnement fusorial non troublés. Certaines de ces figures présentent le nombre chromosomique diploïde; d'autres sont manifestement polyploïdes; certaines, peu nombreuses, sont haploïdes.

Les mitoses irrégulières offrent une assez grande diversité. Les unes ne diffèrent en rien des stathmocinèses provoquées par les poisons du type colchicinique : elles présentent les mêmes images de pseudo-métaphase sans fuseau (avec les chromosomes clivés, irrégulièrement disposés), de pseudo-anaphase et de pseudo-télophase; ces chromosomes pseudo-télophasiques subissent, *in situ*, les transformations catachromasiques et reconstituent ainsi un noyau multilobé, plus ou moins géant : le nombre de chromosomes intervenant dans ces stathmocinèses, de même que les dimensions des noyaux

([2]) G. MANGENOT, *Actual. Sc. et Ind.*, Paris.
([3]) R. GARRIGUES, *Rev. de Cyt. et Cytophysiol. vég.*, 4, 1939-1940, pp. 262-301.

auxquels elles aboutissent indiquent des états successifs de polyploïdie (tétra- et octoploïdie); par conséquent ces processus sont itératifs.

D'autres mitoses irrégulières sont caractérisées par un fonctionnement fusorial imparfait, exprimé, soit par une répartition des chromosomes entre plusieurs centres (mitoses pluripolaires), soit par une séparation dicentrique défectueuse, avec chromosomes retardataires plus ou moins nombreux. De telles images sont tout à fait semblables à celles que l'on observe dans des méristèmes traités par la colchicine, puis remis dans un milieu de culture normal et dont les processus mitotiques sont en voie de rétablissement.

Enfin certaines anomalies cinétiques, exprimées par des images en forme de boule avec chromosomes disposés d'une manière radiale autour d'un centre unique, ne peuvent être interprétées avec certitude : peut-être s'agit-il d'un type particulier de stathmocinèse, dans lequel les chromosomes seraient groupés autour du centrosome subsistant.

Les très grandes analogies ainsi révélées entre les troubles expérimentaux produits par les poisons mitoclasiques du type colchicinique et les troubles pathologiques consécutifs à la cancérisation devaient être soulignées : tout se passe comme si le néoplasme était soumis à l'action d'un poison mitoclasique naturel, agissant de manière temporaire, sur divers territoires de la tumeur. Les cancers ne sont d'ailleurs certainement pas les seuls tissus normalement influencés par des agents mitoclasiques naturels : les noyaux géants, incisés, lobés, et les mitoses atypiques, souvent décrits dans les cellules nourricières des étamines ou des sporanges, témoignent de telles actions intervenant physiologiquement dans ces organes.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'origine des Trypanosomes pathogènes des Mammifères.* Note de M. **Georges Lavier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Ayant examiné (1) les caractères généraux du groupe dit des *Trypanosomes pathogènes des Mammifères*, je voudrais aujourd'hui essayer de préciser, dans la mesure du possible, l'origine des espèces qui le constituent.

Morphologiquement, ce groupe n'est pas homogène. On peut en effet y distinguer trois catégories : une première, monomorphe, où tous les individus sont du type *long*, c'est-à-dire pourvus d'un flagelle libre, est formée par *Trypanosoma vivax* (au sens large); une seconde, monomorphe également mais où tous les individus sont du type *court*, c'est-à-dire dépourvus de flagelles libres, est constituée par *T. congolense* (au sens large); une troisième, polymorphe ou plus exactement dimorphe, où l'on rencontre, dans une proportion d'ailleurs très variable, des individus longs et courts, comprend *T. brucei* (au

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 547.

sens large, englobant ainsi les parasites humains *T. gambiense* et *T. rhodesiense*), *T. evansi* et *T. equiperdum*. Ces trois catégories ont manifestement des origines différentes.

*T. vivax*, bien caractérisé par ses mouvements rapides, son extrémité postérieure obtuse et son gros kinétoplaste terminal ou subterminal, évolue cycliquement dans la trompe des glossines, mais peut aisément se passer de ces vecteurs comme le montre son existence dans des régions où ces insectes sont absents (Ruanda, île Maurice, Amérique). Il peut être envisagé comme dérivant d'une espèce primitivement non pathogène, parasitant vraisemblablement un Ongulé de l'Ancien monde; devenu spontanément pathogène, ce Trypanosome a perdu sa forme adulte et pris ses caractères morphologiques actuels qui sont ceux de formes juvéniles. Sa transmission a été assurée mécaniquement par des diptères piqueurs; parmi ceux-ci, chez la glossine, une adaptation plus étroite a entraîné l'apparition d'un développement cyclique dans le milieu salivaire de la trompe.

*T. congolense* est caractérisé par sa petite taille, sa forme trapue, son kinétoplaste toujours présent, subterminal, disposé marginalement. Il est étroitement lié à la glossine, bien qu'on ait pu le rencontrer sans elle (Inde, Zanzibar). Sa morphologie permet de le rattacher aux trypanosomes non pathogènes du type trapu (2<sup>e</sup> type) des Mammifères, dont plusieurs n'ont pas de flagelles libres et dont beaucoup ont un kinétoplaste marginal. Un tel Trypanosome, probablement parasite aussi d'un Ongulé, a pu, devenu pathogène, être transmis par des insectes piqueurs de façon mécanique et s'adapter secondairement de façon plus étroite aux glossines; chez celles-ci, il évolue cycliquement dans l'intestin, puis la trompe; mais cette adaptation est encore incomplète, car la proportion des glossines chez qui le cycle s'effectue complètement est faible.

Des espèces qui constituent la 3<sup>e</sup> catégorie, la moins bien étudiée, au point de vue morphologique, est *T. equiperdum*. Mais, pour ce que l'on en sait, on peut dire qu'elle est, à de très légères différences de taille près, identique à *T. evansi*. Or celle-ci présente un dimorphisme généralement faible, mais parfois suceptible d'atteindre au degré de celui de *T. brucei*, au point que tout caractère distinctif (y compris l'existence de formes postéro-nucléaires) vient à manquer. Le groupement est donc morphologiquement très homogène, bien caractérisé par son dimorphisme plus ou moins intense et aussi par une labilité marquée du kinétoplaste, toujours absent dans une proportion des individus qui varie de 0,4 à 100 %.

Pour un groupe si parfaitement un, on ne peut envisager qu'une origine commune : un Trypanosome de grand Mammifère, devenu pathogène et qui, par le fait des circonstances écologiques, s'est scindé suivant les modes de transmission divers : chez les équidés, la production prédilective d'œdèmes génitaux a déterminé la transmission directe par le coït, qui caractérise

actuellement *T. equiperdum*; une race ayant plus de propension à la généralisation sanguine a permis la diffusion mécanique par les diptères piqueurs et a donné l'actuel *T. evansi*. Une adaptation spéciale à la glossine a donné *T. brucei* qui évolue suivant un cycle, d'abord dans l'intestin, puis dans les glandes salivaires. Mais cette adaptation est loin d'être complète et l'évolution des trypanosomes du groupe *brucei* chez les glossines a un caractère d'irrégularité et d'instabilité qui contraste avec l'extraordinaire facilité d'évolution chez le vecteur, laquelle est la règle chez les Trypanosomes non pathogènes.

Le fait que, dans les trois catégories du groupe, nous rencontrons comme hôte intermédiaire la glossine, ne représente qu'une coïncidence et ne saurait être invoqué dans une classification naturelle. Il est facile, d'ailleurs, à expliquer : dans tous les cas il s'agit de parasites de grand Mammifère vivant grégairement en troupeaux ou en hardes, au milieu d'essaims d'insectes piqueurs. Parmi ceux-ci les Tabanidés semblent, pour la diffusion de ces Trypanosomes, jouer un rôle important, et peut-être y a-t-il déjà chez eux un début d'adaptation; mais celle-ci pourra être poussée plus loin chez la glossine qui, avec sa trompe plus longue et son liquide salivaire plus abondant, offre un milieu plus favorable encore. L'adaptation de *T. vivax* a dû être rapide, celle de *T. congolense* et celle surtout de *T. brucei* plus longues et plus difficiles. Quelles que soient par ailleurs les divergences dans les types de cycle que présentent les trois espèces, le milieu salivaire a pour toutes une importance capitale qu'a montrée É. Roubaud. Cet auteur a insisté en outre sur les modalités atypiques que l'on rencontre parfois dans ces évolutions et qui sont encore en faveur du caractère récent de l'adaptation à la glossine.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Sur les émétiques dérivés des acides oxalique et glyoxylique.* Note de MM. **Yves Volmar** et **Georges Gœttelmann**.

M. Duquenois ([1]) a montré que l'acide oxalique et l'acide pyruvique peuvent, comme les acides-alcools $\alpha$, se combiner à $Sb^2O^3$ en donnant des complexes analogues aux émétiques.

I. Les complexes antimonio-oxaliques ont déjà été signalés par Bussy ([2]), Peligot ([3]), Souchay et Lenssen ([4]), Bierbrauer ([5]) etc., qui les ont considérés comme des sels doubles d'antimoine et de métaux alcalins.

Reprenant la technique indiquée par MM. Volmar et Betz ([6]), nous avons fait réagir directement à l'ébullition $Sb^2O^3$ sur des solutions de concentrations

---

([1]) *Thèse Doctorat*, Paris, Strasbourg, 1935.
([2]) *J. Ph. et Ch.*, 1re série, **24**, 1838, p. 616.
([3]) *Ann. Ch.*, 3e série, **20**, 1847, p. 291.
([4]) *Lieb. Ann.*, **105**, 1858, p. 249.
([5]) *Zeits. für. anorg. Chem.*, **20**, 1881, p. 290.
([6]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 255.

diverses d'acide oxalique et d'oxalates, et nous sommes arrivés aux résultats suivants :

L'acide oxalique et les oxalates fixent directement $Sb^2O^3$; les courbes obtenues en fonction de la salification sont analogues à celles obtenues avec les acides alcools et présentent comme elles un maximum ; mais la position de ce maximum varie avec la concentration et se rapproche de l'acidité quand la dilution augmente, ce qui montre que plus un antimonio-oxalate est salifié, plus il est facilement hydrolysable et plus est nécessaire pour l'obtenir d'opérer en solution concentrée.

Nous plaçant dans les meilleures conditions indiquées par ces courbes tant au point de vue du rapport acide-base que de la concentration des solutions, nous avons pu isoler à l'état cristallisé :

1° l'oxalate acide d'antimoine ou acide antimonio-oxalique $C^2O^5SbH$, très peu soluble et non hydrolisable;

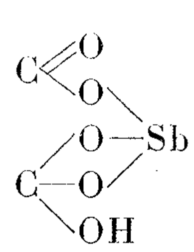
2° l'antimoniodioxalate monopotassique $(C^2O^4)^2SbK$, $H^2O$ hydrolysable;

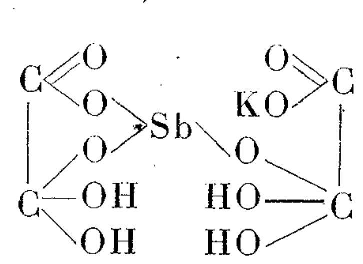
3° l'antimoniotrioxalate dipotassique $(C^2O^4)^3SbK^2H$, $2H^2O$ hydrolysable;

3° l'antimoniotrioxalate tripotassique $(C^2O^4)^3SbK^3H^2$, $4H^2O$ hydrolysable.

La réaction étant toujours limitée, ces composés sont très difficiles à purifier; ils ont tendance à cristalliser avec une ou plusieurs molécules d'oxalate acide ou d'oxalate neutre, ce qui explique le grand nombre de complexes antimonio-oxaliques qui ont été signalés.

Ces complexes sont très différents de ceux que donnent l'acide oxalique et les oxalates avec les oxydes de fer, d'aluminium et de chrome; leurs formules et leurs propriétés ne sont nullement comparables, les uns sont de véritables sels doubles, tandis que les autres se rapprochent des émétiques. Pour expliquer leur construction, conformément aux règles énoncées par M. Duquenois ([1]), il nous faut admettre que l'acide oxalique se comporte vis-à-vis de $Sb^2O^3$ non comme un diacide $\alpha$, mais comme un acide alcool $\alpha$, l'un au moins de ses carboxyles réagissant sous la forme de carbérine. La formule de l'acide antimonio-oxalique et celle de l'antimonio-oxalate monopotassique seraient donc, dans cette hypothèse,



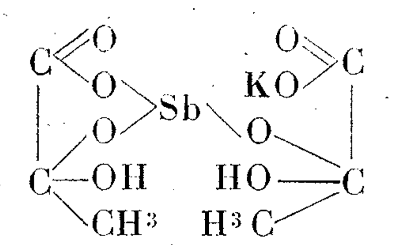


qui, à l'état cristallisé, peut se présenter sous une forme anhydridique.

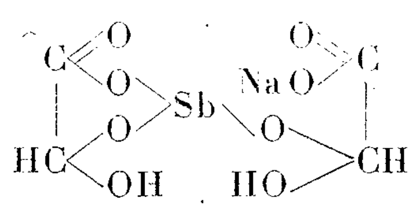
II. Les complexes antimoniopyruviques et antimonioglyoxyliques s'obtiennent plus difficilement que les précédents et sont plus facilement hydrolysables.

1° l'émétique pyruvique a été isolé à l'état cristallisé par M. Duquenois ([1]) en faisant réagir $Sb^2O^3$ sur l'acide pyruvique à demi salifié; il correspond

à la formule



2° en opérant avec des solutions d'acide glyoxylique, additionnées de quantités croissantes d'alcali, nous avons obtenu, comme dans le cas de l'acide oxalique et des acides alcools, une courbe présentant un maximum correspondant à peu près au mélange équimoléculaire d'acide et de sel. Nous plaçant dans ces conditions opératoires, nous avons pu isoler, malgré les difficultés que nous avons éprouvées à avoir de l'acide glyoxylique pur, une petite quantité d'un émétique cristallisé, malheureusement trop faible pour pouvoir tenter sa purification; sa teneur en antimoine correspond à la formule



dans laquelle l'acide glyoxylique réagit sous la forme d'hydrate d'aldéhyde.

En résumé, non seulement les acides alcools $\alpha$, mais tous les composés, diacides $\alpha$, acides $\alpha$ aldéhydes, acides $\alpha$ cétoniques qui peuvent réagir sous des formes hydratées alcooliques, carbérines, hydrates d'aldéhydes ou de cétones, sont susceptibles de donner des émétiques, conformément à la loi de Duquenois.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h50m.

L. B.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 21 JUIN 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE SECRÉTAIRE D'ÉTAT A L'ÉDUCATION NATIONALE ET A LA JEUNESSE** adresse ampliation de l'arrêté, en date du 15 juin 1943, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **GASTON RAMON** pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Jules-Louis Breton*.

Il est donné lecture de cet arrêté.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **GASTON RAMON** prend place parmi ses Confrères.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la lumière sur l'activité du benzopyrène en solution lipidique.* Note de MM. **GUSTAVE ROUSSY**, **PAUL** et **MAURICE GUÉRIN**.

L'action de la lumière sur le cancer provoqué par les agents chimiques, surtout par le goudron, a été étudiée par divers auteurs. Ceux-ci ont expérimenté, soit en soumettant les animaux à la lumière des différentes parties du spectre, soit en les plaçant complètement à l'abri de la lumière. Les résultats sont restés jusqu'ici contradictoires.

Le problème a été repris dans ces dernières années, et sur une plus grande échelle, depuis la découverte des corps synthétiques cancérigènes, du benzopyrène en particulier.

C'est ainsi que Maisin (1) en 1934 signalait, d'abord avec Liégeois, l'action vraisemblable de la lumière de Wood sur l'activité cancérigène du 1.2-benzopyrène, puis démontrait avec de Jonghe que la lumière solaire hâtait l'apparition des tumeurs chez les animaux soumis à un badigeonnage par le benzopyrène. Avec ce même corps Taussig, Z. K. Cooper et M. G. Seelig (2) notaient, en 1938, chez des souris soumises à des irradiations ultraviolettes

---

(1) J. MAISIN et A. de JONGHE, *C. R. Soc. Biol.*, 117, 1934, pp. 111-114.

(2) *Surg. Gynec. and Obstr.*, 66, 1938, pp. 989-993.

avec ou sans injection d'hématoporphyrine, substance photo-sensibilisante, une légère augmentation d'incidence du cancer (10 % après 6 mois de badigeonnage). Par contre, en lumière ordinaire, Morton, Luce Clausen et E. B. Mahoney ([3]) n'ont pas constaté d'action analogue.

Mais l'influence plutôt favorisante de la lumière semble s'exercer, d'après ces auteurs, non point par action directe sur le benzopyrène, mais bien par action générale, indirecte, sur l'organisme des animaux, en modifiant leur potentiel de réaction à l'égard du cancer.

Nous avons repris ces expériences à l'Institut du Cancer, durant ces dernières années, et nous avons expérimenté, soit avec du benzopyrène exposé à la lumière, soit avec ce même corps maintenu à l'obscurité. Pour que cette étude ait en même temps une portée pratique, c'est-à-dire qu'elle fournisse une indication sur la conservation possible de la valeur cancérigène du benzopyrène en solution, nous avons utilisé du benzopyrène en solution à 1/1000 dans l'huile d'olive neutre.

Cette solution a été répartie dans deux flacons de verre blanc, fermés avec un bouchon de liège; l'un est resté exposé à la lumière du jour, mais non au soleil, tandis que l'autre fut enveloppé dans un double papier noir et conservé à l'obscurité.

L'activité de la solution de base, avant toute exposition à la lumière ou à l'obscurité, a été éprouvée au moyen d'injections de $1^{cm^3}$ sous la peau de 10 rats blancs, mâles ou femelles, âgés de 6 mois environ. Tous les animaux présentèrent une tumeur, dont une seule régressa après avoir atteint le volume d'une noisette, 1 an après le début de l'expérience. Les autres animaux atteints de tumeurs succombèrent au bout de 8 mois de survie en moyenne.

On institua ensuite diverses séries d'expériences en utilisant une solution huileuse de benzopyrène conservée soit à la lumière, soit à l'obscurité, durant un temps variant de 3 à 6 et à 18 mois. Des rats, au nombre de 10 par série, âgés également de 6 mois, et par moitié mâles et femelles, reçurent donc sous la peau, une quantité de solution huileuse, soit $1^{cm^3}$.

*Dans une première série* (série A, solution huileuse, après 3 mois d'exposition), on obtient, avec la solution huileuse exposée à la lumière, 9 tumeurs tuant les animaux au 9ᵉ mois en moyenne, alors qu'avec la solution maintenue à l'obscurité, on obtenait 8 tumeurs avec une survie de 8 mois.

*Dans une deuxième série* (série B, solution huileuse, après 6 mois d'exposition), les animaux injectés avec la solution soumise à la lumière donnent 6 tumeurs sur 9 rats, le dernier ayant succombé prématurément (avec mort vers 8 mois 1/2 en moyenne), alors que la série des animaux injectés avec la solution de benzopyrène placée à l'obscurité en donne 8 sur 9, avec une survie de 7 mois 1/2.

([3]) *Amer. J. Rœnt.*, 43, 1940, n° 6, pp. 896-898.

Enfin, *dans une troisième série* (série C, utilisant une solution conservée pendant 18 mois, soit à la lumière, soit à l'obscurité), le nombre des tumeurs est seulement de 4 sur 10 rats, avec mort au 8ᵉ mois en moyenne, pour la solution exposée à la lumière, tandis que le chiffre des tumeurs se maintient encore à 7, avec mort seulement après 9 mois 1/4 en moyenne, avec la solution exposée à l'obscurité.

Dans l'ensemble de ces trois séries d'expériences échelonnées sur 3, 6 et 18 mois, on voit donc que les résultats divergent suivant que la solution huileuse de benzopyrène est soumise à la lumière ou maintenue à l'obscurité.

Dans les séries de solution exposée à la lumière, le résultat le plus net concerne le pourcentage des tumeurs : ce pourcentage présente une chute significative allant de 90 à 66 %, et enfin 40 %, alors que dans les séries de solution soumise à l'obscurité, le pourcentage oscille autour de 80 %, en allant de 88 à 70 %.

En ce qui concerne le moment de la mort des animaux atteints de tumeur, la durée moyenne traduit indirectement le temps de latence des tumeurs, puisque la plupart de celles-ci évoluent de façon comparable en 2 ou 3 mois. On remarque alors que, dans les séries d'animaux injectés avec des solutions exposées à la lumière, cette durée moyenne tend à s'abaisser de 9 mois à 8 mois suivant l'accroissement du temps d'exposition, tandis que, dans la série d'animaux injectés avec des solutions soumises à l'obscurité, la durée moyenne tend inversement à s'allonger de 8 mois environ à 9 mois 1/4.

Ce fait est-il le résultat d'un pouvoir photo-activant de la lumière sur le pouvoir cancérigène du benzopyrène? L'écart d'un mois de moyenne est trop faible, surtout du fait du nombre d'animaux trop restreint, pour que l'on puisse lui accorder une valeur significative. Par ailleurs cette action activante paraît en opposition avec l'autre constatation beaucoup plus nette de la réduction du pourcentage du nombre de tumeurs, presque de moitié, après exposition à la lumière.

On pourrait penser que cette diminution d'activité peut être provoquée par une oxydation lente du benzopyrène, mais on sait, en effet, qu'il faut une oxydation intense pour réduire le pouvoir cancérigène du goudron ainsi que l'a démontré Twort. Maisin et de Jonghe ont soutenu, par ailleurs, que seule une ozonisation intensive semble altérer le pouvoir cancérigène du benzopyrène. D'ailleurs cette oxydation lente a pu s'exercer aussi bien sur la solution huileuse de benzopyrène conservée à l'obscurité que sur celle exposée à la lumière; or le pourcentage de tumeurs s'est maintenu à 70 % dans la première série (solution soumise à l'obscurité), traduisant une perte d'activité légère, si même elle existe, par rapport à l'activité normale. Pour expliquer le chiffre très faible de 40 % dans le cas d'exposition à la lumière, on est conduit à admettre une action directe des radiations lumineuses sur le benzopyrène, dont l'activité cancérigène se trouve partiellement inhibée par un mécanisme qui reste à préciser.

En terme de conclusions, la notion suivante se dégage de nos expériences : le benzopyrène, en solution huileuse, conservé à la lumière, perd une partie de son activité; cette diminution peut se traduire par un pourcentage environ deux fois plus faible de tumeurs, au bout d'un an et demi. Mais cette diminution d'activité ne se manifeste que pour des doses relativement faibles ($1^{mg}$ dans nos expériences).

Avec des doses fortes, au contraire, le pouvoir cancérigène peut se maintenir durant des années : c'est ainsi que chez des rats injectés à la dose de $50^{mg}$ de benzopyrène en solution lipidique conservée pendant près de 5 ans, nous avons provoqué des tumeurs tuant les animaux dans un délai normal de 5 mois 1/2 à 6 mois.

Ainsi, du point de vue pratique, il y a intérêt à conserver à l'obscurité les solutions lipidiques de benzopyrène, surtout quand ce sont des solutions de faible concentration, pour éviter leur diminution d'activité sous l'influence prolongée de la lumière. Toutefois il nous paraît établi que des solutions à forte concentration restent encore actives, même après des années de conservation dans les conditions ordinaires du laboratoire.

## ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Maurice Arthus** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *Giuseppe Sanarelli*, décédé.

## CORRESPONDANCE.

### MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la représentation des interactions corpusculaires par l'intermédiaire de la particule de spin* 1. Note [1] de M. Gérard Petiau.

Nous considérons la particule de spin $h/2\pi$ représentée par les fonctions d'ondes $\Phi_{ik}$ solutions du système d'équations

$$\partial_t(A_0^4)_{ik,lm}\Phi_{lm} = [\Sigma_p\, \partial_p(A_p^4)_{ik,lm} + \varkappa\mu_0 c(A_4^4)_{ik,lm}]\Phi_{lm},$$

en posant d'une façon générale

$$(A_a^b)_{ik,lm} = \frac{1}{2}[(\alpha_a)_{il}(\alpha_b)_{km} + (\alpha_b)_{il}(\alpha_a)_{km}]; \qquad (B_a^b)_{ik,lm} = \frac{1}{2}[(\alpha_a)_{il}(\alpha_b)_{km} - (\alpha_b)_{il}(\alpha_a)_{km}],$$

$\alpha_a$ et $\alpha_b$ représentant deux matrices hermitiennes quelconques du système des 16 matrices de Dirac.

---

(1) Séance du 17 mai 1943.

Par extension de la méthode de M. L. de Broglie [2], nous considérons deux fonctions d'annihilation, invariantes et constantes, $\Phi_1^0$ et $\Phi_2^0$ définies par

$$(\Phi_1^0)_{ik} = (\alpha_4 R)_{ik} \quad \text{et} \quad (\Phi_2^0)_{ik} = (\alpha_5 R)_{ik},$$

R désignant la transformation telle que

$$\alpha_p^+ = R\alpha_p R^{-1} \quad \text{et} \quad \alpha_4^+ = R\alpha_4 R^{-1} \quad \left((\alpha_a^+)_{ik} = (\alpha_a)_{ki}\right),$$

et, par suite, nous avons

$$(\Phi_1^0)_{ik}^\star = (R\alpha_4)_{ki} \quad \text{et} \quad (\Phi_2^0)_{ik}^\star = (R\alpha_5)_{ki}.$$

Ces fonctions nous permettent de définir par les *transitions électromagnétiques*

$$(\Phi^0)_{ik}^\star \frac{1}{2}[(\alpha_a)_{il}(\alpha_b)_{km} \pm (\alpha_a)_{km}(\alpha_b)_{il}]\Phi_{lm}$$

des grandeurs électromagnétiques de première et de seconde espèces

$$\Phi_a = K(R\alpha_a)_{ki}\Phi_{ik} \quad \text{et} \quad \Phi'_a = K(R\alpha_5\alpha_4\alpha_a)_{ki}\Phi_{ik}.$$

Suivant le formalisme de M. L. de Broglie [3], nous représentons le système corpuscule de spin 1/2-corpuscule de spin 1 par l'équation

$$\frac{h}{2\pi i}\partial_t A_0^4 \chi_{ijk} = [H_D A_0^4 + \mathcal{H} + H^{(1)}]\chi_{ijk},$$

en posant

$$H_D = \frac{c}{\chi}[\Sigma_p \partial_p \alpha_p + \chi m_0 c \alpha_4]; \qquad \mathcal{H} = \frac{c}{\chi}[\Sigma_p \partial_p A_p^4 + \chi\mu_0 c A_4^4],$$

$$\begin{aligned} H^{(1)} = K\{ & g_1\alpha_4 A_4^4 + g'_1\alpha_5 A_5^4 + f_1[\alpha_0 A_0^4 - \Sigma_p \alpha_p A_p^4] \\ & + f'_1[i\alpha_{pqr}A_{pqr}^4 - \Sigma_{(qr)} i\alpha_{qr}A_{qr}^4] + g_2[i\alpha_{pqr}B_{pqr}^4 - \Sigma_{(qr)} i\alpha_{qr}B_{qr}^4] \\ & + g'_2[\alpha_0 B_0^4 - \Sigma_p \alpha_p B_p^4] + f_2[\Sigma_p i\alpha_{p4}B_{p4}^4 - \Sigma_{(qr)} i\alpha_{qr4}B_{qr4}^4] \\ & + h_2[\Sigma_p i\alpha_{p4}B_0^p - \Sigma_{(qr)} i\alpha_{qr4}B_q^r]\}\,\delta(\vec{R} - \vec{r}). \end{aligned}$$

Posant

$$(A_a^b)_{l'l} = \Phi_{i_1 i_2}^{\star(l')}(A_a^b)_{i_1 i_2, m_1 m_2}\Phi_{m_1 m_2}^{(l)}; \qquad (\alpha_a)_{m'm} = \Psi_j^{\star(m')}(\alpha_a)_{jk}\Psi_k^{(m)},$$

l'élément de la matrice de $H^{(1)}$ correspondant à la transition du système de l'état $(l, m)$ à l'état $(l'm')$ a pour expression

$$\begin{aligned} H_{lm,\,l'm'}^{(1)} & = \iint_V \Phi^{(l')\star}(\vec{r})\,\Psi^{\star(m')}(\vec{R})\,H^{(1)}\Phi^{(l)}(\vec{r})\,\Psi^{(m)}(\vec{R})\,d\vec{R}\,d\vec{r} \\ & = \int_V K\{g_1(\alpha_4)_{m'm}(A_4^4)_{l'l} + \ldots + h_2[\Sigma_p(i\alpha_{p4})_{m'm}(B_0^p)_{l'l} - \Sigma_{(qr)}(i\alpha_{qr})_{m'm}(B_q^r)_{l'l}]\}\,dr. \end{aligned}$$

Une transition d'absorption de première ou de seconde espèce sera représentée par le symbole $(l, m) \to (0, m')$ avec

$$(A_a^b)_{0_1 l} = \Phi_1^{0\star}(A_a^b)\Phi \quad \text{et} \quad (A_a^b)_{0_2 l} = \Phi_2^{0\star}(A_a^b)\Phi.$$

---

[2] *Une nouvelle théorie de la lumière*, **1**, 1940, p. 192, Paris.

[3] *Ibid.*, **2**, 1942, p. 70, Paris.

Avec les définitions précédentes des grandeurs électromagnétiques, nous avons

$$\begin{aligned}\mathrm{H}^{(1)}_{o_1 m', lm} = \int_{\mathrm{V}} \Big\{ & g_1(\alpha_4)_{m'm}\Phi^{(l)}_4 + f_1[(\alpha_0)_{m'm}\Phi^{(l)}_0 - \Sigma_p(\alpha_p)_{m'm}\Phi^{(l)}_p] \\ & + g_2[(i\alpha_{pqr})_{m'm}\Phi^{(l)}_{pqr} - \Sigma_{(qr)}(i\alpha_{qr})_{m'm}\Phi^{l}_{qr}] \\ & + [f_2 - ih_2][\Sigma_p(i\alpha_{p4})_{m'm}\Phi^{(l)}_{p4} - \Sigma_{(qr)}(i\alpha_{qr4})_{m'm}\Phi^{(l)}_{qr4}]\Big\}\, d\vec{r},\end{aligned}$$

et de même

$$\begin{aligned}\mathrm{H}^{(1)}_{o_2 m', lm} = -\int_{\mathrm{V}} \Big\{ & g'_1(\alpha_5)_{m'm}\Phi'^{(l)}_5 + f'_1[(i\alpha_{pqr})_{m'm}\Phi'^{(l)}_{pqr} - \Sigma_{(qr)}(i\alpha_{qr})_{m'm}\Phi'^{(l)}_{qr}] \\ & + g'_2[(\alpha_0)_{m'm}\Phi'^{(l)}_0 - \Sigma_p(\alpha_p)_{m'm}\Phi'^{(l)}_p] \\ & + [f_2 + ih_2][\Sigma_p(i\alpha_{p4})_{m'm}\Phi'^{(l)}_{p4} - \Sigma_{(qr)}(i\alpha_{qr4})_{m'm}\Phi'^{(l)}_{qr4}]\Big\}\, d\vec{r}.\end{aligned}$$

Remarquons que $\mathrm{H}^{(1)}_{0_1 m', lm}$ fait intervenir dans la représentation pseudo-vectorielle la quantité $f_2 - ih_2$, tandis que $\mathrm{H}^{(1)}_{0_2 m', lm}$ fait intervenir dans la représentation vectorielle la quantité $[f_2 + ih_2]$.

MOTEURS THERMIQUES. — *Sur le choix des compresseurs de suralimentation.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

Le choix des caractéristiques des compresseurs utilisés pour la suralimentation des moteurs à explosion aux altitudes élevées soulève des questions variées et pose un problème complexe. Il est fonction de l'état ($\rho_0$, $T_0$) de l'air extérieur et du coefficient volumétrique de compression $k$ du moteur.

La notion de rendement ne s'applique pas au compresseur envisagé en soi. Un rendement c'est le rapport entre deux grandeurs de même espèce : par exemple le travail fourni par le moteur et la chaleur dépensée. Si l'on considère isolément le compresseur de suralimentation, on y dépense du travail pour obtenir un changement d'état de l'air (comportant une augmentation de la densité) : il n'y a pas de commune mesure entre la dépense et la recette, et il ne peut être question de rendement.

On pourra néanmoins classer les compresseurs que l'on compare les uns aux autres au moyen de *coefficients économiques*, si l'on sait chiffrer le résultat obtenu pour une dépense donnée, ou la dépense exigée pour obtenir un résultat donné.

La dépense est facile à définir et à chiffrer : ce sera le travail $\mathfrak{T}$ fourni par le compresseur à l'unité de masse d'air qui le traverse; mais il n'en est pas de même en ce qui concerne le résultat obtenu.

On substitue en effet à l'état ($\rho_0$, $T_0$) de l'air puisé à l'extérieur un autre état ($\rho'_0$, $T'_0$) de l'air à l'entrée du moteur [1] : on ne peut pas chiffrer ce résultat, qui comporte deux variables.

---

[1] Nous envisageons la solution classique où tout l'air d'alimentation traverse les compresseurs. Il serait plus avantageux de superposer à une cylindrée aspirée normalement une masse supplémentaire qui traverserait seule le compresseur, par une disposition analogue à celle des moteurs à transvasement (*Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 774).

Cela devient toutefois possible si l'on peut préciser le problème en imposant *a priori* une relation entre $T'_0$ et $\rho'_0$ qui permette d'éliminer $T'_0$. Alors $\rho'_0$ caractérise la valeur du résultat.

On pourra pour cela, très rationnellement, prendre comme règle de pousser l'augmentation (simultanée suivant une loi de correspondance qui caractérise le compresseur) de $\rho'_0$ et $T'_0$ jusqu'au maximum compatible avec le danger de détonation. La relation $T'_0 = f(\rho'_0)$, qui exprime cette condition, est liée à la variation de la température d'inflammation spontanée du mélange combustible en fonction de sa pression : la détonation se produit en effet lorsque la partie du mélange gazeux non encore atteinte par la déflagration se trouve portée, par la compression qu'elle subit, à la température d'inflammation spontanée.

Dans l'hypothèse d'évolutions adiabatiques, conformes au cycle théorique de Beau de Rochas, si la température d'inflammation spontanée $T'_0$ était indépendante de la densité, la condition $T'_0 = f(\rho'_0)$ se réduirait à la forme simple $T'_0 = \text{const.}$ Nous envisagerons cette hypothèse schématique.

S'il se trouve que les points $A'$ de cette isotherme $T'_0$ correspondent à un même travail $\mathfrak{T}$ fourni par unité de masse d'air, les densités $\rho'_0$ obtenues pourront être prises comme coefficients économiques des compresseurs comparés. C'est ce qui se présente pour tous les compresseurs adiabatiques. En effet, si l'on considère l'énergie cinétique comme pratiquement négligeable, on a $\mathfrak{T} = C(T'_0 - T_0)$. Alors, si l'on diminue les décoordinations, le point $A'$, qui représente l'état obtenu, se déplace sur l'isotherme $T'_0$ avec diminution de son entropie, donc augmentation de sa densité. Le coefficient économique maximum, pour les compresseurs adiabatiques, sera donc obtenu dans le cas de l'isentropie (décoordinations nulles).

Si l'on fait intervenir une soustraction de chaleur $|Q| = -Q$ par unité de masse, on peut continuer à déplacer le point $A'$, sur l'isotherme $T'_0$, dans le sens des densités $\rho'_0$ croissantes. Mais $\rho'_0$ ne mesure plus alors un coefficient économique comparable à ceux des compresseurs adiabatiques, parce que le travail $\mathfrak{T} = C(T'_0 - T_0) - Q$ dépensé par unité de masse est devenu plus grand et variable d'un compresseur à un autre.

On pourrait, en vue de poursuivre les comparaisons, introduire le *prix de revient de la suralimentation* défini comme le travail qu'il faut dépenser par unité de masse *supplémentaire* introduite dans le moteur. Ce sera, en calculant par unité de volume de cylindrée, $w = \mathfrak{T}\rho'_0/(\rho'_0 - \rho_0)$, que l'on évalue facilement dans l'hypothèse particulière d'une compression sans décoordinations conforme à une équation polytropique, $pv^{\gamma'} = \text{const.}$

Toutefois, augmenter la masse de la cylindrée, qui semble être le but poursuivi lorsque l'on envisage le compresseur en soi, n'est pas vraiment le résultat intéressant. Ce que l'on désire, c'est augmenter la puissance du moteur. Il faut donc finalement étudier l'ensemble moteur-compresseur et comparer, pour chaque état $(\rho_0, T_0)$, la puissance obtenue par le moteur équipé avec le

compresseur considéré à la puissance du moteur s'alimentant par lui-même.

Mais, si le moteur tolère sans détonation l'échauffement sur l'alimentation imposé par le compresseur, il pourrait tolérer, dans l'alimentation ordinaire, un coefficient volumétrique plus élevé. Il est rationnel de comparer sa puissance à celle qu'il atteindrait, sans compresseur, avec le coefficient optimum ainsi défini.

Alors, si le travail brut du cycle par unité de masse est W′ avec suralimentation, et W dans cette marche normale de comparaison, et si le rendement mécanique a les valeurs [2] $\theta'$ et $\theta$, le rapport d'augmentation de puissance à prendre en considération pour évaluer l'intérêt du compresseur sera $z=(\rho'_0/\rho_0)[(W'-\mathfrak{T})/W](\theta'/\theta)$. Il faut d'ailleurs simultanément tenir compte du prix de revient du travail ainsi obtenu, c'est-à-dire comparer les valeurs du travail $(W'-\mathfrak{T})\theta'$ obtenu par unité de masse de mélange, donc pour une dépense donnée de combustible.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Spectres hertziens de solutions d'alcool.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Paul Abadie**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Nous avons précédemment reproduit [1] les spectres hertziens d'alcools primaires en chaîne droite. Si l'on dilue par moitié un alcool à longue chaîne dans divers diluants non polaires (benzène, hexane, huile de vaseline) et qu'on relève de nouveau son spectre hertzien, on constate que la forme géométrique et l'architecture de la molécule sont modifiées profondément et de façon très différente suivant le diluant : la molécule d'alcool nous apparaît comme extrêmement plastique et différemment déformable par le voisinage de molécules d'hydrocarbures différents.

Sur la figure, le spectre I est celui de l'alcool octylique pur. Le spectre II se rapporte à sa solution dans l'huile de vaseline; le spectre III dans l'hexane et le spectre IV dans le benzène.

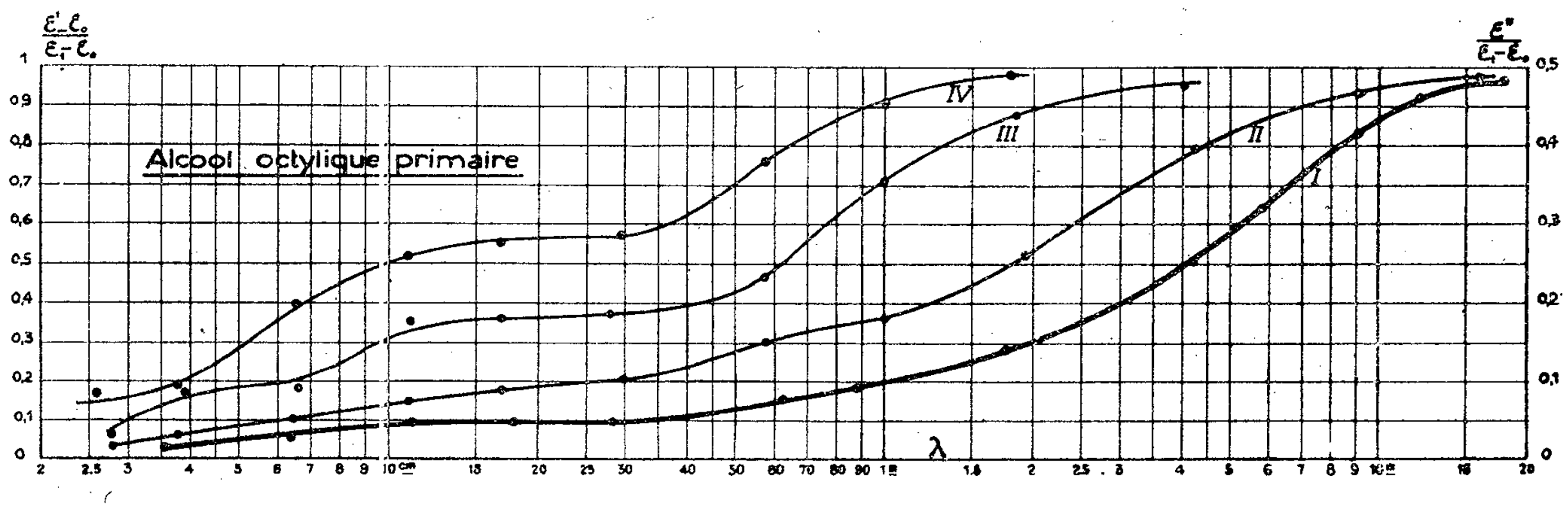
En passant de l'alcool pur aux solutions, nous voyons apparaître, au lieu de deux régions de dispersion, trois régions de dispersion plus ou moins nettement délimitées. Le modèle géométrique de la molécule passe de l'ellipsoïde de révolution à l'ellipsoïde à trois axes inégaux. C'est pour la solution dans l'huile de vaseline que la déformation est la moins marquée, ce qui s'explique par le grand volume moléculaire du diluant et son grand rayon d'action qui lui interdit un approche immédiat de la molécule d'alcool.

---

[2] Dans $\theta$ interviennent les pertes dans le mécanisme d'entraînement du compresseur par le moteur, qui transmet le travail utile $\mathfrak{T}$ (par unité de masse).

[1] *Comptes rendus,* 215, 1942, pp. 84-86.

Le rapport des temps de relaxation $\tau_3/\tau_2$, correspondant à la troisième et à la seconde région de dispersion, est notablement plus grand pour III que pour II. Ce rapport est égal au rapport des λ correspondant aux demi-hauteurs des




régions de dispersion. La valeur élevée de ce rapport pour III signifie que, dans l'hexane, le coefficient de frottement de l'ellipsoïde correspondant aux oscillations du grand axe (3ᵉ région de dispersion) est plus grand que dans l'huile de vaseline. La molécule d'alcool est probablement plus allongée dans l'hexane que dans l'huile de vaseline.

La dilution de l'alcool dans un diluant fluide (hexane, benzène) déplace l'ensemble des régions de dispersion vers les courts λ. Ceci élimine l'hypothèse que, dans le spectre de l'alcool pur, la première région de dispersion correspondrait à des oscillations du groupement $CH^2OH$ dans la molécule : le temps de relaxation de telles oscillations ne dépendrait en effet que de frottements internes et non pas de la viscosité du milieu. Le spectre entier avec ses deux régions de dispersion se rapporte donc bien à la molécule considérée comme un ensemble rigide oscillant dans le champ alternatif.

Le déplacement des régions de dispersion sur l'axe des λ ne suit d'ailleurs pas une loi de proportionnalité à la viscosité ($\eta$) comme l'énonce la théorie de Debye. Il se trouve en effet que les valeurs de ($\eta$) sont très voisines pour les solutions dans l'hexane et le benzène. Cependant le spectre III est nettement déplacé vers les grands λ par rapport au spectre IV. De même la valeur de ($\eta$) pour l'alcool dans l'huile de vaseline dépasse d'environ 50 % la valeur de ($\eta$) pour l'alcool pur, et cependant les spectres I et II se situent dans la même région de λ. Rien ne montre plus directement que la viscosité qui intervient dans la dispersion (viscosité d'oscillation) n'est pas celle que nous savons mesurer. D'où notre incapacité d'évaluer $\tau$ et d'atteindre par cette voie les dimensions moléculaires.

Nous avions déjà montré ([2]) que les courbes de dispersion et d'absorption de l'alcool propylique varient et de façon différente quand on le dilue dans l'hexane et le benzène. Mais, faute de disposer alors de λ assez courts, nous ne

---

([2]) *Comptes rendus*, **209**, 1942, p. 874

pouvions juger de la forme de la courbe de dispersion, et la molécule n'était pas assez longue pour apprécier nettement l'effet de déformation auquel aboutissent les fortes interactions entre le diluant et l'alcool.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une mesure de l'énergie des rayons $\gamma$ de l'isotope radioactif $^{52}V$ du vanadium.* Note de M. **Julien Martelly**, présentée par M. Aimé Cotton.

Ainsi que l'a signalé Fermi [1], la désintégration $\beta^-$ de $^{52}V$ s'accompagne d'une émission $\gamma$. M<sup></sup>lle T. Yuasa [2], en étudiant à la chambre de Wilson des paires d'électrons matérialisées par ce rayonnement, a pu lui attribuer l'énergie $1,57 \pm 0,10$ MeV. Nous avons déterminé cette même grandeur par la mesure du coefficient d'absorption dans Pb, Fe et Cu. Les sources utilisées sont des échantillons d'oxyde de vanadium irradiés au cyclotron du Laboratoire de M. Joliot au Collège de France; les neutrons, issus de Be bombardé par des deutons de 7 MeV et ralentis dans la paraffine, produisent l'isotope radioactif par la réaction $^{51}V(n\gamma)^{52}V$. *L'homogénéité du rayonnement* $\gamma$ a été prouvée par des mesures préliminaires faites en interposant des écrans sur le trajet d'un large faisceau pénétrant dans une chambre d'ionisation. Les rayons $\beta$ sont pratiquement absorbés par $3^{mm}$ d'aluminium et le rayonnement restant subit une absorption rigoureusement exponentielle dans le plomb jusqu'à $2^{cm}$. D'autres mesures de précision moindre, utilisant la détection par compteurs, ont vérifié cette loi jusqu'à $10^{cm}$ de Pb. Puis, nous avons déterminé le coefficient d'absorption sur des faisceaux assez étroits pour que sa relation avec l'énergie des photons soit calculable. Le récepteur était alors un compteur dont les parois sont doublées de $1^{mm}$ de Pb.

*Dispositif.* — La *source* est constituée par un tube, tantôt en verre, tantôt en carton, de diamètre $2^{cm},5$ et de longueur $13^{cm}$, contenant $V^2O^5$ en poudre, et fermé à une extrémité par un disque de plomb de $2^{mm}$ d'épaisseur. Les rayons émis dans la direction de l'axe traversent ce *filtre*, puis, après un trajet $d$, sont diaphragmés par un écran de plomb de $10^{cm}$ d'épaisseur percé d'un *canal* de $2^{cm}$ de diamètre. Après un nouveau trajet $l$, ils atteignent le *compteur* qui a une largeur de $2^{cm}$ et une longueur utile de $3^{cm}$ environ; il est protégé par une enceinte en briques de plomb, laissant passer le faisceau par une fente étroite. L'épaisseur de plomb séparant le compteur de la source n'est nulle part inférieure à $10^{cm}$, exception faite du canal. L'*écran absorbant*, de forme cylindrique, placé devant le canal, est d'un diamètre peu supérieur à celui-ci, afin de réduire au minimum son rôle diffusant. Sa hauteur $x$ a été choisie pour se rapprocher des conditions *optima* au point de vue de l'erreur statistique de

---

(1) Fermi et ses collaborateurs, *Proc. Roy. Society*, 149, 1935, p. 522.

(2) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 414.

numération des photons; les écrans de cuivre et de fer ont $5^{cm}$, celui de plomb $4^{cm}$.

*Expériences.* — L'échantillon de $V^2O^5$ est irradié 10 minutes et mis en place quelques dizaines de secondes après. On enregistre d'abord $n$ photons avec l'écran pendant $t$ minutes, puis $m$ photons sans écran pendant les $t$ minutes suivantes. Le coefficient d'absorption $\mu$ est donné par la relation $n e^{+\mu x} = m e^{+\lambda t}$. On élimine l'erreur due aux pertes du numérateur en choisissant $t$ pour que $n = m$. Cette précaution devint inutile lorsque nous pûmes utiliser le numérateur rapide, créé au Laboratoire par M. A. Berthelot, et dont les pertes sont insensibles à la cadence de 1000 coups/min., qui n'a pas été atteinte ici. Nous pouvons alors réaliser la condition $\lambda vt = \mu.x/2$, qui rend minimum l'erreur statistique. De toutes façons les deux facteurs $e^{\mu x}$ et $e^{\lambda t}$ sont du même ordre de grandeur et une erreur sur $\lambda$ entraîne une erreur sur $\mu$. A la suite de mesures précises ([3]), nous avons utilisé dans nos calculs la valeur 3,74 min. pour la période de $^{52}V$, au lieu de la valeur 3,9 min admise jusqu'ici par les *Tables de Constantes*.

Une correction a été faite pour tenir compte des photons qui, après diffusion dans l'absorbant, parviennent tout de même au récepteur et diminuent le coefficient d'absorption. Le calcul en est malaisé, car la plupart des photons subissent plusieurs chocs Compton. Mais, nous avons pu déterminer empiriquement ce terme correctif, en remarquant qu'il varie en fonction de $d$ et de $l$, comme $(d + l/dl)^2$ ($d$ et $l$ sont respectivement les distances de l'écran à la source et au récepteur). Il est pratiquement peu modifié lorsqu'on passe d'un écran à l'autre, car, pour tous les trois, la surface, la densité superficielle $\delta$, le coefficient $\mu/\rho$ sont à peu près les mêmes, et l'effet Compton est ici très supérieur à tous les autres termes d'absorption. Nous avons utilisé deux dispositifs, l'un avec $d = l = 20^{cm}$, l'autre avec $l = 35^{cm}$ et $d = 40^{cm}$; $\mu/\rho$ doit être corrigé de $\Delta$ pour le premier, $0,3\,\Delta$ pour le second, et l'expérience nous donne la différence $0,7\,\Delta$, d'ailleurs peu supérieure aux erreurs statistiques. Les valeurs trouvées sont en $cm^2/g$ : 0,0022 avec le plomb, 0,0011 avec le fer, 0,0009 avec le cuivre, alors que $\mu/\rho$ est environ 0,05 $cm^2/g$. Une moyenne pondérée conduit à $\Delta = 0,0022$, ce qui nous permet d'extrapoler nos résultats vers les conditions idéales de finesse du faisceau. D'une cinquantaine d'expériences faites dans des conditions diverses nous déduisons les valeurs suivantes de $\mu/\rho$ en $cm^2/g$ : dans Pb $0,0505[1 \pm (1,2/100)]$; dans Cu $0,0477[1 \pm (1,7/100)]$; dans Fe $0,0499[1 \pm (1,4/100)]$.

L'*énergie des photons* en est déduite au moyen des courbes représentant les sections efficaces totales de Pb, Fe, Cu en fonction de $\alpha = h\gamma/m_0c^2$. Le terme Compton est calculé par la formule de Klein et Nishina, l'effet photoélectrique par la formule de Hall ([4]), et la matérialisation de paires d'électrons à partir

([3]) MARTELLY, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 767.

([4]) *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 620.

des nombres donnés par Heitler. Pour Pb, le second terme représente 17 %, le troisième 2 % du total. Pour Fe et Cu, ils sont tous deux de l'ordre de 0,5 %. Le plomb fournit ainsi $W = 1{,}48 \pm 0{,}035$, le cuivre $W = 1{,}47 \pm 0{,}05$ MeV, le fer $W = 1{,}39 \pm 0{,}04$ MeV. L'évaluation des erreurs ne tient compte que des fluctuations statistiques. Il peut y avoir aussi d'autres causes d'erreur notables, en particulier, pour le plomb, celles qui résultent de l'incertitude des formules théoriques. La concordance est néanmoins satisfaisante et nous admettons en définitive comme valeur de l'énergie des photons $W = 1{,}45 \pm 0{,}05$ MeV.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'état moléculaire des corps mélangés.* Note (1) de M. **Félix Michaud**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'énergie libre mise en jeu pendant l'opération du mélange de deux liquides volatils peut s'évaluer aisément en supposant le système muni de deux parois semi-perméables, qui laissent passer respectivement chacun des deux constituants à l'état de vapeur, sous les pressions partielles d'équilibre $P_1$ et $P_2$.

En négligeant les volumes spécifiques des liquides devant les volumes spécifiques des vapeurs, on trouve

$$A = RT\left[(1-x)\,\text{Log}\,\frac{F_1}{P_1} + x\,\text{Log}\,\frac{F_2}{P_2}\right],$$

A est l'énergie libre cherchée; R est la constante moléculaire des gaz parfaits; T est la température absolue; $x$ est la fraction de molécule-gramme du composant 2 contenue dans une molécule-gramme du mélange; $F_1$ et $F_2$ sont les pressions de vapeur maximums des deux composants purs.

A température constante, l'expression précédente passe par un maximum quand

$$\text{Log}\,\frac{F_2}{P_2} - \text{Log}\,\frac{F_1}{P_1} - \left[(1-x)\frac{d\,\text{Log}\,P_1}{dx} + x\frac{d\,\text{Log}\,P_2}{dx}\right] = 0.$$

Mais la loi de Duhem-Margules fait disparaître la quantité entre crochets. Il vient, par suite,

$$\frac{P_1}{F_1} = \frac{P_2}{F_2} = \frac{P_1 + P_2}{F_1 + F_2}.$$

Ainsi donc, *pour la concentration correspondant au maximum de l'énergie libre, les pressions de vapeur partielles ont même abaissement relatif.*

La valeur $A_M$ de l'énergie libre est alors, en désignant par P la pression de vapeur totale du mélange,

$$A_M = RT\,\text{Log}\,\frac{F_1 + F_2}{P}.$$

Quand on connaît $P_1$ et $P_2$ en fonction de $x$, il est aisé de déterminer la

(1) Séance du 24 mai 1943.

concentration moléculaire $x_M$ pour laquelle $P_1/F_1$ est égal à $P_2/F_2$. On peut ensuite évaluer $A_M$.

Les calculs ont été faits pour tous les mélanges binaires de liquides volatils, dont les pressions de vapeur partielles figurent dans *les Tables critiques internationales*. On trouve que, le plus souvent, $x_M$ ne diffère de 0,5 que par de petits écarts, qui rentrent largement dans la marge d'imprécision provenant des erreurs expérimentales. C'est ce que montre le tableau suivant, où $x_M$ est la concentration moléculaire du corps indiqué le second et $t$ la température en degrés centigrades. $A_M$ est exprimé en ergs.

| | $t$. | $x_M$. | $A_M.10^{-10}$. |
|---|---|---|---|
| Tétrachlorure de carbone-iodure d'éthyle....... | 49,99 | 0,505 | 1,69 |
| » de carbone-acétate d'éthyle...... | 49,99 | 0,509 | 1,695 |
| » de carbone-benzène............ | 49,99 | 0,500 | 1,744 |
| Sulfure de carbone-acétone.................. | 24,78 | 0,61 | 0,786 |
| » » » » .................. | 35,17 | 0,59 | 0,773 |
| » » » méthylal................. | 16,53 | 0,500 | 1,063 |
| » » » » .................. | 35,17 | 0,54 | 1,157 |
| » » » oxyde d'éthyle............ | 20,0 | 0,515 | 1,30 |
| » » » benzène................. | 20 | 0,498 | 1,422 |
| » » » » .................. | 25 | 0,499 | 1,49 |
| » » » » .................. | 30 | 0,497 | 1,545 |
| Chloroforme-acétone......................... | 35,17 | 0,49 | 2,364 |
| » oxyde d'éthyle.................. | 17 | 0,497 | 1,027 |
| Éthylène dibromé-dibromopropane-1.2........ | 85,05 | 0,495 | 2,08 |
| Acide acétique-benzène...................... | 49,99 | 0,500 | 1,268 |
| » » toluène...................... | 69,94 | 0,488 | 0,53 |
| Iodure d'éthyle-acétate d'éthyle............... | 49,99 | 0,500 | 1,52 |
| Acétone-oxyde d'éthyle...................... | 20,00 | 0,498 | 1,248 |
| » » » ...................... | 30,00 | 0,495 | 1,305 |
| Eau-alcool méthylique....................... | 39,9 | 0,491 | 1,517 |
| » » » ........................ | 59,4 | 0,495 | 1,607 |
| » » éthylique........................ | 20 | 0,56 | 0,914 |
| » » » ........................ | 40 | 0,59 | 1,027 |
| » » » ........................ | 55 | 0,595 | 1,078 |
| » » » ........................ | 75 | 0,597 | 1,145 |
| » acétone................................... | 60 | 0,48 | 0,787 |
| » alcool propylique normal................. | 30,3 | 0,7 | 0,9 |
| » » » » ................. | 49,9 | 0,69 | 0,871 |
| » » » » ................. | 65,9 | 0,655 | 0,86 |
| » » » » ................. | 79,8 | 0,665 | 0,993 |
| » pyridine................................... | 80,05 | 0,69 | 1,344 |

*L'énergie libre d'un mélange binaire est donc maximum, en général, pour la concentration équimoléculaire.*

Les exceptions indiquent que les deux composants tendent à se combiner, non plus molécule à molécule, mais, par exemple, deux molécules de l'un à une molécule de l'autre.

C'est le cas précisément de l'alcool propylique normal, dont les mélanges avec l'eau ont, à chaud, des $x_M$ qui ne diffèrent plus de 2/3. Le maximum d'affinité correspond donc alors à 2 molécules d'alcool propylique normal pour 3 molécules du mélange, c'est-à-dire pour une molécule d'eau.

Les mélanges d'eau et d'alcool éthylique donnent un résultat inattendu. Quand on construit la courbe qui donne $x_M$ en fonction de la température, on trouve que, partant de 0,56 pour $t = 20$, elle s'élève et tend vers $x_M = 0,6$ quand la température monte jusqu'à 75°. La combinaison stable à chaud est donc de 3 molécules d'alcool pour 2 molécules d'eau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation d'acide iodeux dans l'action de l'iode sur l'azotate d'argent.* Note [1] de M^lle **Marie-Louise Josien.**

L'acide iodeux n'a pas encore été décelé. Les efforts faits pour différencier ses sels des hypoiodites et des iodates sont demeurés vains.

Seul le fait que la transformation des hypoiodites de sodium et de potassium en iodates est une réaction du second ordre semblait impliquer l'existence des iodites comme terme intermédiaire [2] et [3].

Cependant l'étude des solutions argentiques d'iode [4] nous avait amenée à soupçonner l'existence de l'acide iodeux que les expériences suivantes révèlent effectivement.

On ajoute à diverses prises d'une solution d'iode dans l'iodure de potassium des quantites d'azotate d'argent croissantes, mais toujours suffisantes pour faire disparaître l'iode libre; on filtre après un temps de contact assez long pour que l'équilibre soit établi.

Les liqueurs filtrées sont ensuite dosées de trois manières différentes :

Un premier prélèvement est versé dans un excès d'anhydride arsénieux titré et additionné de bicarbonate de sodium.

Un second prélèvement est additionné d'iodure de potassium et d'acide acétique en excès; l'iode libéré est dosé par l'hyposulfite de sodium.

Dans un troisième prélèvement, on transforme la totalité de l'iode en iodate en faisant bouillir la liqueur légèrement alcalinisée, en présence de permanganate de potassium. Après destruction de l'excès de permanganate par l'alcool éthylique et filtration, le pouvoir oxydant est dosé comme pour le second prélèvement.

Les solutions dosées ne contenant ni iode libre ni ions $I^-$ et, en l'absence d'acide periodique, le résultat des trois dosages permet d'écrire trois équations dont les inconnues $x$, $y$, $z$ sont les concentrations moléculaires en acides hypoiodeux, iodeux et iodique.

---

(1) Séance du 16 novembre 1942.

(2) O. Liévin, *Les solutions alcalines d'iode* (*Mémoires et Travaux des Facultés catholiques de Lille*, 1923).

(3) D'Este Guiseppe, *Bolletini chimico farmaceutico*, 78, 1939, p. 117.

(4) M.-L. Josien, *Annales de Chimie*, 2e série, 5, 1936, p. 147.

En effet, le nombre de molécules d'iodate formées par l'oxydation permanganique est égal au nombre d'atomes d'iode présents dans l'essai, quel que soit leur état antérieur d'oxydation. Si l'on appelle $c$ la concentration moléculaire en iodate ainsi mesurée, on peut donc écrire

$$x + y + z = c.$$

En second lieu, en milieu acide, on sait que

$$IOH + IH = H^2O + I^2, \qquad IO^3H + 5IH = 3H^2O + 3I^2,$$

on peut admettre parallèlement

$$IO^2H + 3IH = 2H^2O + 2I^2.$$

Si l'on appelle $b$ la concentration atomique de la solution d'iode, de pouvoir oxydant équivalent au mélange, on aboutit à l'équation

$$2x + 4y + 6z = b.$$

Enfin, si l'on appelle $a$ la concentration atomique de la solution d'iode équivalente au pouvoir oxydant sur l'anhydride arsénieux en milieu alcalin, on est amené, pour écrire la troisième équation, exprimant ce pouvoir oxydant, à choisir entre deux hypothèses :

Si l'on admet que l'acide hypoiodeux seul réagit dans ces conditions, cette troisième équation s'écrit

$$2x = a.$$

Si au contraire l'on admet que l'acide hypoiodeux et l'acide iodeux réagissent simultanément, on a

$$2x + 4y = a.$$

La première de ces deux hypothèses s'impose car nous avons obtenu des liqueurs ne manifestant plus aucun pouvoir oxydant vis-à-vis de l'anhydride arsénieux alcalin, mais présentant un pouvoir oxydant total notablement inférieur à celui qu'elles auraient dû présenter si l'on avait été en présence d'acide iodique seul.

Dans l'hypothèse adoptée, les concentrations moléculaires en acides hypoiodeux, iodeux et iodique sont donnée par les formules

$$x = \frac{a}{2}, \qquad y = \frac{6c - 2a - b}{2}, \qquad z = \frac{b + a - 4c}{2}.$$

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

| | Composition des mélanges en cm³. | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mélange.... | 1. | 2. | 3. | 4. |
| Iode N/10 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| $NO^3Ag$ N/10 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 |
| Eau | 93,8 | 93,6 | 93,4 | 93,2 |

Les prélèvements de $10^{cm^3}$ sont effectués 1 heure et demie après la mise en contact, la température étant de 27°. Les concentrations moléculaires trouvées, exprimées en $10^{-5}$ molécules, sont

| Mélange.... | 1. | 2. | 3. | 4. |
|---|---|---|---|---|
| IOH | 4,5 | 0 | 0 | 0 |
| $IO^2H$ | 25,5 | 7,5 | 0,1 | 0,1 |
| $IO^3H$ | 0 | 12 | 17 | 17 |

La conclusion qui paraît s'imposer est la suivante : Les mélanges obtenus par addition en quantités convenables d'azotate d'argent à des solutions iodoiodurées présentent des pouvoirs oxydants vis-à-vis de l'anhydride arsénieux d'une part, et vis-à-vis de l'iodure de potassium en milieu acide d'autre part, qui ne semblent compatibles avec le nombre total d'atomes d'iode présents que dans l'hypothèse de l'existence de l'acide iodeux à côté des acides hypoiodeux et iodique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristallographique des mélanges de carbonates de calcium et de strontium précipités. Leur décomposition fractionnée par la chaleur.* Note de MM. **Marcel Guichard** et **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Mauguin.

On peut songer [1], pour analyser chimiquement un mélange de carbonates, dont les tensions de dissociation sont différentes, à utiliser leur décomposition fractionnée par la chaleur, en traçant par exemple la courbe donnant, en fonction du temps, la perte de poids du mélange, quand la température reste constante ou lorsqu'elle croît proportionnellement au temps. Le dispositif de pesée continue que nous avons décrit est particulièrement adapté à de telles mesures [2].

Pour les précipités des carbonates de calcium et de strontium, les résultats, obtenus par cette méthode, sont très différents suivant que les carbonates ont été obtenus à partir de la même solution ou de solutions différentes, et, dans ce dernier cas, ils dépendent des proportions du mélange.

I. Considérons d'abord le mélange des carbonates de calcium et de strontium, précipités séparément à partir des solutions de leurs chlorures par le carbonate d'ammonium. La courbe des vitesses de décomposition, à la température constante de 855°, donnant, en fonction du temps, les pertes de poids, comporte deux parties. Le carbonate de strontium ne commence à se décomposer lentement, à cette température, que lorsque tout le carbonate de calcium a été transformé en chaux et en gaz carbonique. Dans ce cas, il est possible de déduire, exactement, de la courbe précédente, les deux fractions de carbonate. L'expérience a été faite sur un mélange dont la composition était $3\,CaCO^3$, $2\,SrCO^3$. Ce mélange est constitué, comme le montrent les rayons X, d'une part par la calcite $CaCO^3$, rhomboédrique; d'autre part par la strontianite $SrCO^3$, orthorhombique.

---

(1) M. Wolf (*Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 435) a proposé de doser les mélanges des carbonates alcalinoterreux par décomposition dans le vide en mesurant les pressions successives du gaz carbonique dégagé. Mais, d'après l'auteur, le calcul des poids, d'après les pressions et le volume de l'appareil, comporte des erreurs inévitables. Il ne signale pas les difficultés que nous développons ci-après.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 675.

II. Considérons maintenant le mélange obtenu en précipitant simultanément les deux carbonates d'une même solution des chlorures de calcium et de strontium. Les courbes de décomposition, poids-temps, diffèrent avec la composition chimique du mélange. Pour la composition $CaCO^3$, $SrCO^3$, les diagrammes de poudre révèlent un composé défini $SrCa(CO^3)^2$ orthorhombique, intermédiaire entre l'aragonite $CaCO^3$ et la strontianite $SrCO^3$, toutes deux orthorhombiques. Les paramètres cristallins, calculés à partir des clichés de rayons X, sont, avec une précision de l'ordre de 1 % :

| | *a.* | *b.* | *c.* |
|---|---|---|---|
| | 5,05 Å | 8,28 Å | 5,83 Å |
| Aragonite | 4,94 | 7,94 | 5,72 |
| Strontianite | 5,12 | 8,40 | 6,08 |

La courbe de perte de poids, quand la température s'élève progressivement, ne marque aucune discontinuité. Elle indique cependant un ralentissement de la vitesse de décomposition quand 85 % environ du carbonate de calcium sont décomposés. Autrement dit, le produit perd son gaz carbonique, d'une manière continue, en donnant la chaux CaO, puis la strontiane SrO, sans qu'on puisse séparer les deux phases du phénomène. Le dosage, par décomposition fractionnée, de la chaux et de la strontiane, n'est pas possible dans ce cas.

Pour un mélange de formule $3\,CaCO^3$, $2\,SrCO^3$, obtenu toujours à partir d'une même solution des chlorures de calcium et de strontium, la courbe des pertes de poids, quand la température croît, est encore continue. On passe progressivement de la décomposition du carbonate de calcium à celle du carbonate de strontium. Les rayons X indiquent que le produit initial est constitué, d'une part par la calcite $CaCO^3$, rhomboédrique; d'autre part par le composé défini $SrCa(CO^3)^2$, orthorhombique, qui prédomine dans le mélange.

Si le précipité a pour formule $2\,CaCO^3$, $SrCO^3$, les diagrammes de poudre montrent qu'il est constitué par le mélange de calcite $CaCO^3$ et du composé défini $SrCa(CO^3)^2$ orthorhombique. Il est curieux de constater que la calcite, qui intervient maintenant en plus grande proportion, impose sa loi de décomposition. Car la courbe donnant les vitesses de décomposition présente une discontinuité qui marque exactement la fin de la décomposition de tout le carbonate de calcium du précipité.

*Conclusion.* — La précipitation simultanée des deux carbonates de calcium et de strontium ne donne pas un simple mélange de cristaux juxtaposés. Il peut se former une combinaison $CaSr(CO^3)^2$ que les rayons X définissent comme orthorhombique.

La présence de ce composé peut modifier l'allure de la décomposition fractionnée par la chaleur des mélanges de ces carbonates. Le dosage des carbonates par cette méthode n'est possible que si le mélange a été fait après

précipitation indépendante des carbonates ou si, ayant été fait par précipitation simultanée, il renferme un excès suffisant de carbonate de calcium.

Nous nous proposons de faire une étude analogue sur les mélanges de carbonate de baryum avec les carbonates de calcium ou de strontium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des nitrates basiques de magnésium.* Note [1] de Mme **Léone Walter-Lévy**.

L'addition de carbonate ou de bicarbonate de magnésium à des solutions très concentrées de nitrate de magnésium à la température ordinaire donne naissance au nitratocarbonate neutre $(NO^3)^2Mg$, $2CO^3Mg$, $8H^2O$ [2]. A l'ébullition, vers 120°, il y a d'abord formation d'un nitratocarbonate basique et ensuite, par hydrolyse prolongée, d'un nitrate basique. Le dernier sel peut encore être obtenu en traitant les solutions de nitrate par un carbonate alcalin, une base alcaline, de l'hydroxyde ou de l'oxyde de magnésium ou du magnésium métallique.

Afin de définir le nitrate basique obtenu au cours de ces réactions, nous avons étudié la composition des phases solides en fonction du temps et de la masse des réactifs.

Les essais ont été effectués dans un ballon muni d'un réfrigérant et d'un agitateur mécanique. Les précipités ont été lavés à l'alcool, séchés sur de l'acide sulfurique [3], analysés et examinés aux rayons X par la méthode des poudres. L'anhydride carbonique a été dosé suivant la méthode de Frésénius-Classen, la magnésie sous forme de pyrophosphate de magnésium; l'acide nitrique a été évalué par différence entre l'alcalinité titrée par retour en présence d'hélianthine et la magnésie, avec des contrôles par pesée de nitrate de nitron; la teneur en eau a été déterminée par différence.

Les résultats groupés dans le tableau ci-contre, montrent que la composition des précipités obtenus dans les solutions très concentrées de nitrate est sensiblement constante, quelles que soient la nature et la quantité du réactif ajouté. Les rapports $(NO^3)^2/Mg$ et $H^2O/Mg$ tendent respectivement vers les valeurs 0,200 et 0,80. A cette composition fixe correspond un diagramme de rayons X caractéristique $N_I$ se différenciant en particulier de ceux du nitratocarbonate $E_N$ et de la brucite M. Le spectre comporte des raies intenses, légèrement diffuses et relativement peu nombreuses. Les distances réticulaires et les intensités correspondant à ces raies [4] sont 6,93 (FF); 4,75 (ff); 3,92 (ff); 3,46 (F);

[1] Séance du 16 juin 1943.

[2] *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1898.

[3] La dessiccation peut être aussi effectuée sur de l'anhydride phosphorique ou à l'étuve à 110°.

[4] L'intensité des raies, des plus fortes aux plus faibles, est indiquée par les lettres FF, F, m, f, ff, suivant une notation déjà utilisée (*Annales de Chimie*, 7, 1937, p. 120).

2,73 (ff); 2,54 (FF); 2,36 (ff); 2,14 (FF); 1,77 (F); 1,58 (F); 1,54 (F); 1,46 (F); 1,43 (ff); 1,39 (ff); 1,34 (m); 1,30 (ff); 1,27 (m); 1,23 (m); 1,18 (m); 1,16 (ff); 1,09 (m); 1,04 (f); 1,02 (m); 0,987 (m); 0,973 (f); 0,943 (m); 0,932 (f); 0,910 (f); 0,902 (f); 0,887 (m); 0,882 (ff); 0,839 (f); 0,828 (m); 0,789 (m); 0,787 (f); 0,784 (m); 0,781 (f).

Nous pouvons donc conclure à l'existence du sel basique $(NO^3)^2Mg, 4Mg(OH)^2$ formé par voie humide, à la température d'ébullition, dans les solutions de nitrate de magnésium titrant de 4 à 5 mol/litre. Dans les solutions plus diluées, la phase solide stable est l'hydroxyde de magnésium.

Après filtration et refroidissement à la température ordinaire, les solutions mères du nitratocarbonate, du nitrate basique et de l'hydroxyde laissent déposer deux nitrates basiques, dont l'un pourra vraisemblablement être identifié à un sel déjà précédemment décrit par Didier ([5]).

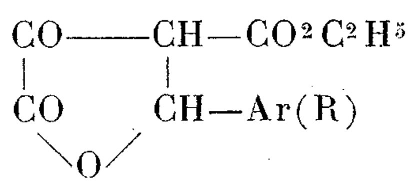
| Masse d'eau ajoutée (*a*). | Réactif ajouté. | Quantité de réactif ajouté. | Durée de la réaction en heures. | Concentration finale des solutions (*b*). | Examen des précipités: Spectre des rayons X. | Composition chimique $\frac{CO^3}{Mg}$. | $\frac{(NO^3)^2}{Mg}$. | $\frac{H^2O}{Mg}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 300g | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 32g | 1 | 4,4 | $E_N$ | 0,553 | 0,191 | 1,05 |
| 300 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 32 | 4 | 4,5 | $N_I$ | 0,010 | 0,197 | 0,86 |
| 300 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 32 | 8 | 4,6 | $N_I$ | 0,050 | 0,203 | 0,85 |
| 300 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 32 | 12 | 4,6 | $N_I$ | 0,007 | 0,208 | 0,82 |
| 300 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 32 | 24 | 4,7 | $N_I$ | 0,000 | 0,196 | 0,84 |
| 300 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 32 | 48 | 4,8 | $N_I$ | 0,000 | 0,203 | 0,88 |
| 300 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 16 | 48 | 4,5 | $N_I$ | 0,005 | 0,198 | 0,87 |
| 300 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 8 | 48 | 4,6 | $N_I$ | 0,014 | 0,199 | 0,97 |
| 200 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 16 | 48 | 5,0 | $N_I$ | 0,005 | 0,202 | 0,93 |
| 350 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 16 | 48 | 4,1 | $N_I$ | 0,007 | 0,197 | 0,86 |
| 500 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 16 | 48 | 3,9 | $N_I$ | 0,008 | 0,157 | 0,97 |
| 750 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 16 | 48 | 3,4 | M | 0,006 | 0,015 | 1,29 |
| 1000 | $CO^3Mg, 3H^2O$ | 16 | 48 | 2,8 | M | 0,005 | 0,011 | 1,04 |
| 100 | $CO^3Na^2$ | 200cm³ à 2,5 N | 48 | 4,1 | $N_I$ | 0,000 | 0,198 | 0,88 |
| 200 | KOH | 100cm³ à 5N | 48 | 4,2 | $N_I$ | 0,010 | 0,198 | 0,88 |
| 300 | $Mg(OH)^2$ | 12g | 48 | 4,4 | $N_I$ | 0,000 | 0,185 | 1,03 |
| 300 | $Mg(OH)^2$ | 12 | 92 | 4,4 | $N_I$ | 0,003 | 0,200 | 0,86 |
| 300 | MgO | 12 | 48 | 4,5 | $N_I$ | 0,000 | 0,198 | 0,88 |
| 300 | Mg | 8 | 184 | 4,6 | $N_I$ | 0,000 | 0,199 | 0,89 |

(*a*) à 1kg de $(NO^3)^2Mg\ 6H^2O$. (*b*) en $(NO^3)^2Mg$ en mol/litre : le rapport $(NO^3)^2Mg$ est légèrement inférieur à l'unité, l'écart est de l'ordre de 1 %; les solutions ne contiennent plus que des traces d'acide carbonique.

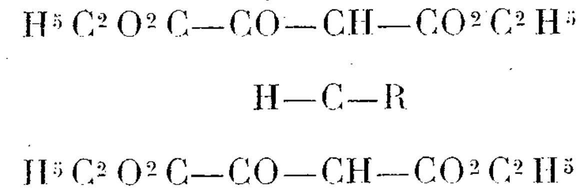
([5]) *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 935.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation des esters cétoparaconiques et le mécanisme de la réaction de cétolisation de l'ester oxalacétique.* Note ([1]) de MM. **Henry Gault** et **René Durand**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des travaux antérieurs ont montré que la condensation de l'ester oxalacétique avec les aldéhydes engendre soit, pour les aldéhydes aromatiques, des esters arylcétobutyrolactone-carboxyliques [esters arylcétoparaconiques (I)]([2]) soit, pour les aldéhydes acycliques, des esters alcoylidène-*bis*-oxalacétiques (II) ([3])

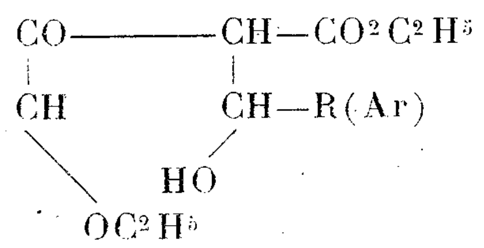


(I)



(II)

Chacune de ces deux réactions de condensation de l'ester oxalacétique apparaît comme la somme de deux réactions consécutives. La première est vraisemblablement une réaction de fixation de l'aldéhyde à l'état de chlorhydrate (I) (condensation en présence d'acide chlorhydrique) ou d'hydrate (II) (condensation en présence de bases) ([4]) qui, s'établissant entre $1^{mol}$ d'aldéhyde et *une seule* molécule d'ester oxalacétique, engendre le cétol instable, de formule générale (III)



(III)

Dans les conditions expérimentales suivies, le cétol correspondant à un aldéhyde *aromatique* se lactonise spontanément en ester arylcétoparaconique, tandis que le cétol correspondant à un aldéhyde *acyclique* se fixe sur une deuxième molécule d'ester oxalacétique avec formation de l'ester alcoylidène-*bis*-oxalacétique, tous les essais de cyclisation lactonique ayant, dans ce dernier cas, échoué jusqu'à présent.

Nous avons repris cette étude et en nous basant sur les considérations théoriques que nous venons d'exposer, nous sommes parvenus à orienter la condensation entre l'ester oxalacétique et les aldéhydes acycliques, vers la formation des esters alcoylcétoparaconiques.

---

([1]) Séance du 16 juin 1943.

([2]) Wislicenus, *Ber. d. chem. Ges.*, 25, 1892, p. 3448; 26, 1802, p. 2144; H. Gault, *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 35, 1906, p. 1264.

([3]) H. Gault, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 3, 1907, p. 390.

([4]) H. Gault et T. Wendling, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 566; H. Gault, *Exposé de Titres*, Paris, 1941.

Nous décrivons ci-après le mode opératoire que nous avons suivi pour l'obtention de l'ester cétoparaconique et de l'ester méthylcétoparaconique.

*Ester cétobutyrolactone-carboxylique* (*cétoparaconique*) [formule (I) R = H].

On utilise comme matière première *non pas l'ester oxalacétique libre, mais bien l'énolate de potassium correspondant*, préparé suivant la technique indiquée par l'un de nous ([5]), en maintenant, pendant toute la durée de l'opération, *un excès de formaldéhyde* par rapport à l'ester oxalacétique mis en œuvre.

On refroidit à — 12° une solution aqueuse de formaldéhyde à 35 % (formol du commerce) dans laquelle on verse ensuite, par portions, une bouillie aqueuse fluide d'oxalacétate de potassium refroidie elle-même vers — 5°, en ramenant chaque fois la température aux environs de — 12°. On observe un épaississement progressif de la masse qu'on abandonne ensuite pendant 1 heure dans le mélange réfrigérant. On traite ensuite à froid par la quantité d'acide chlorhydrique à 50 % correspondant à l'énolate de potassium mis en œuvre. On recueille une suspension aqueuse fluide d'un produit solide blanc que l'on sépare par filtration dans le vide.

Après recristallisation dans l'alcool, ce produit fond à 108°. Sa solution alcoolique est colorée en rouge par le perchlorure de fer. Il jouit de propriétés acides et peut être titré directement, comme l'ester oxalacétique lui-même, par la soude N/2 en présence de phénolphtaléine.

La détermination du poids moléculaire (titration, 173; cryoscopie, 172), le dosage de carbone et d'hydrogène, l'analyse de sa phénylhydrazone (F 142°,5). et de sa semicarbazone (F 209°) permettent de lui assigner la formule $C^7H^8O^5 = 172$, et de le considérer comme l'ester cétobutyrolactone-carboxylique.

Il est à noter qu'à la longue, les eaux mères de filtration de l'ester cétoparaconique laissent déposer un produit solide blanc (F 119°) ne donnant pas de coloration avec le perchlorure de fer et dont nous cherchons à établir la constitution.

*Ester méthylcétobutyrolactone-carboxylique* (*méthylcétoparaconique*) [formule (I) R = $CH^3$]. — Par condensation de l'acétaldéhyde avec oxalacétique potassé et dans des conditions opératoires analogues aux précédentes, on obtient cet ester sous forme d'une huile incristallisable donnant, en solution alcoolique, une coloration rouge avec $FeCl^3$ et dont la phénylhydrazone fond à 130°.

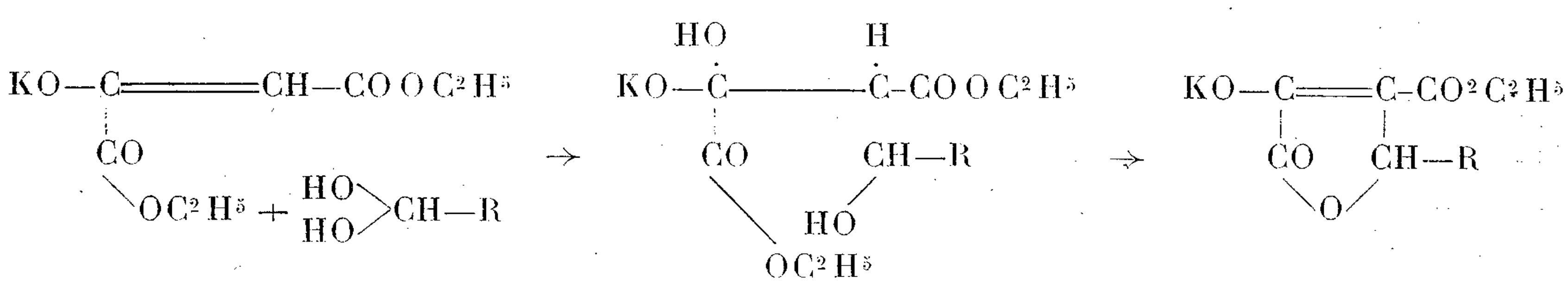
L'étude chimique de ces esters est en cours.

Leur formation à partir de la forme énolique tautomérique de l'ester oxalacétique apporte une preuve à l'appui des vues exprimées par l'un de nous sur le mécanisme de la réaction de cétolisation des esters β-cétoniques ([6]). Les

([5]) H. GAULT, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 711; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 15, p. 691.

([6]) H. GAULT, *Exposé de Titres*, Paris, 1941.

conditions expérimentales particulièrement simples dans lesquelles l'énolate oxalacétique se condense avec le formaldéhyde ou l'acétaldéhyde, le comportement même de la réaction qui se poursuit, du début à la fin, en milieu hétérogène, nous amènent en effet à admettre l'explication suivante : l'aldéhyde réagissant sous sa forme d'hydrate se fixe sur la double liaison énolique de l'ester oxalacétique et le cétol instable formé perd, spontanément et simultanément, 1$^{mol}$ d'eau et 1$^{mol}$ d'alcool avec formation de l'ester cétoparaconique :



BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la persistance du pouvoir antiseptique.* Note (¹) de M. **Jacques Risler**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours de précédents travaux, nous avons déterminé de manière précise, le pouvoir antiseptique *en durée* de certaines huiles essentielles ou abiotaxines. Reprenant nos tests expérimentaux de 1931, nous avons procédé à de nouveaux réensemencements selon la technique de nos Communications antérieures (²) auxquelles on voudra bien se reporter pour la parfaite compréhension du tableau ci-dessous :

*Nature du test.* — Bois de Poirier imprégné à 20 % de son poids.

Milieu d'imprégnation antiseptique, thymol 66 %, terpinéol 34 %.
Date d'imprégnation antiseptique du test, 7 octobre 1931.
Date de réensemencement, 7 octobre 1942.
Temps d'imprégnation (pouvoir antiseptique en durée), 11 ans.

| Nature de la culture microbienne. | Après 11 ans (*). | Nature de la culture microbienne. | Après 11 ans (*) |
|---|---|---|---|
| Staphylocoque doré.......... | 25 min. | *Bacterium coli* mésentérique. | 30 min. |
| *Bacterium coli commune*.... | 30 » | » typhique..... | 30 » |
| » tétanique..... | 35 » | Streptocoque.............. | 25 » |
| » diphtérique... | 30 » | *B. Subtilis*................ | 40 » |

(*) Temps de contact nécessaire pour obtenir la destruction de la Bactérie.

Ainsi que nous l'avons démontré, cette persistance du pouvoir antiseptique s'explique plus particulièrement par une réaction d'oxydation lente avec formation de peroxydes $C^{10}H^{16}O^4$, jouant le rôle de donneurs d'oxygène. C'est

(¹) Séance du 15 février 1943.

(²) *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 56, nº 27, 21 juillet 1931; *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 517.

(³) *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 3ᵉ série, 106, 1931, p. 305.

pourquoi, en vue d'étudier ce dernier phénomène de manière plus attentive, nous avons repris la même expérimentation en utilisant, comme milieu antiseptique, certains corps particulièrement oxydables de la série des phénols. On sait que ces corps, présents de manière presque permanente dans les huiles essentielles, les goudrons de bois et de houille, agissent sur le milieu cellulaire microbien en provoquant la coagulation des colloïdes protoplasmiques au même titre que les alcools et les aldéhydes. Les expériences suivantes, exécutées sur plusieurs corps de la série des phénols montrent, ainsi que nous l'avons déjà suggéré, l'importance de la fonction phénolique prise séparément, en ce qui concerne le pouvoir antiseptique *en durée*, observations déjà relatées par MM. P. Portier et A. Kling, opérant sur des peintures au trichlorophénol ([2]).

*Nature du test.* — Bois de poirier imprégné à 20 % de son poids.

| Nature de la culture microbienne. | Milieu d'imprégnation antiseptique. | Temps de contact. | Durée du pouvoir antiseptique. |
|---|---|---|---|
| Staphylocoque doré........... | acide phénique | 15 min. | plus de 7 mois |
| *Bacterium coli commune*..... | *m*-crésol | 15 » | » 5 » |
| » tétanique...... | *p*- » | 15 » | » 5 » |

Il importe de remarquer cependant que la propriété d'oxydation des phénols ne doit pas faire oublier le rôle des facteurs physiques et physicochimiques qui contribuent aussi à exalter le pouvoir antiseptique immédiat et *en durée*, facteurs que nous avons étudiés au cours de nos travaux sur la fonction antiseptique totale ([4]).

A $15^h50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Section de Physique générale, par l'organe de M. **A. Cotton**, remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Édouard Branly* :

| | |
|---|---|
| *En première ligne*............... | M. **Frédéric Joliot**. |
| *En seconde ligne*, ex æquo *par ordre alphabétique*.................. | MM. **Jean Becquerel**.<br>**Jean Cabannes**.<br>**Gustave Ribaud**. |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h15^m$.

A. Lx.

([4]) *La Fonction antiseptique totale*, Paris, 1937.

## *ERRATA.*

(Séance du 5 avril 1943.)

Note de MM. *Alphonse-Théophile Schlœsing*† et *Désiré Leroux*, Essai de conservation des graines en l'absence d'humidité, d'air et de lumière :

Page 469, ligne 3, *au lieu de* A. Guillemin, *lire* A. Guillaumin; ligne 5, *au lieu de* cas en effet, *lire* cas, en effet, ....; renvoi ([8]) au bas de la page, *au lieu de* professée, *lire* professées.

Page 470, ligne 20, *lire* Dans les deux cas, les lots.....; dernier alinéa, *au lieu de* Si l'on s'en réferre, *lire* Si l'on s'en réfère....

(Séance du 28 avril 1943.)

Note de M. *Jacques Yvon*, Calcul de l'effet Zeeman transversal d'une raie octopôle de l'hélium :

Page 586, dans le tableau des éléments de matrice, *lire*, à trois reprises, $-32$ *au lieu de* 193. Les figures qui suivent sont, par suite de cette erreur, quantitativement incorrectes. Les intensités (relatives) des rayonnements étudiés sont, respectivement, pour des valeurs croissantes de la valeur de $\Delta m$, qui varie de 0 à 3, d'abord pour les composantes $\pi$, puis pour les composantes $\sigma$ : 12, 0, 10, 0; 0, 1, 0, 15 (rayonnement octopolaire). 18, 16, 10, 0 ; 6, 7, 10, 15 (rayonnement dipôle forcé). 6, 8, 10, 0; 0, 1, 5, 15 (rayonnement quadrupôle forcé). Les conclusions de la comparaison avec l'expérience ne sont pas modifiées.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 28 JUIN 1943.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'adjoint de l'opérateur linéaire non borné défini par une matrice.* Note de M. **GASTON JULIA.**

On considère, dans l'espace hilbertien $\mathcal{H}$, une suite infinie de vecteurs $A_n$ et l'opérateur $A^*X$ défini par $A^*X = \sum^{\infty} e_k(A_k, X)$ pour tout X tel que $\sum |(A_k, X)|^2$ converge (1); les $e_k$ sont une base orthonormale de $\mathcal{H}$. On a montré antérieurement (2) : 1° que l'*adjoint* $A^{**}$ de « $A^*$ *dans* $D_{A^*}$ » existe certainement en tout point $T = \sum^{\infty} t_k e_k$ tel que $\underline{\lim}_{n=\infty} \left\| \sum^{n} t_k A_k \right\| < +\infty$; 2° que, dans le domaine $d''_A$ ainsi défini, $A^{**}$ est un prolongement de l'opérateur A défini par $AX = \sum x_k A_k$ en tout point $X = \sum x_k e_k$ tel que $\sum x_k A_k$ converge fortement; en particulier $A^{**}e_k = A_k$ pour tout entier $k$. Le domaine d'existence $D_{A^{**}}$ de $A^{**}$ est ainsi *approché par l'intérieur* ou borné inférieurement par $d''_A$. On va *l'approcher par l'extérieur* ou le borner supérieurement, moyennant des hypothèses supplémentaires sur la suite $(A_k)$.

1. Supposons : 1° *que* $(A_k)$ *ait une suite duale* $(B_k)$ (3); 2° que la *variété* $W = [B_1, B_2, \ldots]$ *soit identique à* $V = [A_1, A_2, \ldots]$. Sans restreindre la généralité, on peut se borner à considérer la partie de $D_{A^*}$ contenue dans V, ou, ce qui revient au même, supposer $V = \mathcal{H}$. $D_{A^*}$ contient tous les $\sum^{n} \lambda_k B_k$ c'est-à-dire la variété $\{B_1, B_2, \ldots\}$ partout dense dans $\mathcal{H}$. Pour $X = \sum^{n} \lambda_k B_k$,

---

(1) Ceci définit le domaine d'existence $D_{A^*}$ de $A^*$.

(2) *Comptes rendus* **216**, 1943, p. 221.

(3) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 324.

on aura $A^*X = \sum^n e_k(A_k, X) = \sum^n \lambda_k e_k$; et si $T = \sum^\infty t_k e_k$, on aura

$$(T, A^*X) = \sum^n \bar{t}_k \lambda_k.$$

Lorsque $T \in D_{A^{**}}$, on devra donc avoir

$$\left| \sum^n \bar{t}_k \lambda_k \right| \leqq M \left\| \sum^n \lambda_k B_k \right\|, \tag{1}$$

pour une valeur fixe de M, quels que soient l'entier $n$ et les scalaires $\lambda_k$. Il existe donc (problème des moments), un $\zeta$ (unique puisque $W = \mathcal{H}$) tel que

$$(B_k, \zeta) = t_k, \qquad \text{pour } k = 1, 2, \ldots, \infty \quad (^1). \tag{2}$$

La condition nécessaire (1) peut d'ailleurs se mettre sous forme géométrique; on a $\sum^n \bar{t}_k \lambda_k = \sum^n \bar{t}_k (A_k, X) = \left( \sum^n t_k A_k, X \right)$ lorsque

$$X = \sum^n \lambda_k B_k \qquad \text{et} \qquad \left| \sum^n \bar{t}_k \lambda_k \right| = \| X \| . \left\| \operatorname{Proj}_X \sum^n t_k A_k \right\|, \qquad \text{où} \quad \left\| \operatorname{Proj}_X \sum^n t_k A_k \right\|$$

est la longueur de la projection orthogonale du vecteur $\sum^n t_k A_k$ sur le vecteur X. La condition (1) équivaut donc à $\left\| \operatorname{Proj}_X \sum^n t_k A_k \right\| \leqq M$, pour M fixe convenable, quel que soit $n$ et quel que soit X de $\{B_1, B_2, \ldots\}$. Lorsque X décrit la variété fermée $W_n = [B_1, \ldots, B_n]$, le maximum de $\left\| \operatorname{Proj}_X \sum^n t_k A_k \right\|$ est $\left\| \operatorname{Proj}_{W_n} \sum^n t_k A_k \right\|$, en sorte que (1) équivaut à la condition

$$\left\| \operatorname{Proj}_{W_n} \sum^n t_k A_k \right\| \leqq M, \tag{3}$$

quel que soit $n$; c'est une *condition nécessaire pour que* $T \in D_{A^{**}}$. Décomposons orthogonalement $A_k = A_k^n + \alpha_k^n$, où $A_k^n = P_{W_n} A_k$, pour $k \leqq n$, (3) revient à $\left\| \sum^n t_k A_k^n \right\| \leqq M$ pour tout $n$, qui caractérise, comme l'on sait, les T pour lesquels le problème (2) est possible, c'est-à-dire les T de $\Delta_{B^*}$.

2. *Réciproquement*, supposons que T satisfasse à (1) ou (3) et considérons $|(T, A^*X)| . \|X\|^{-1}$ lorsque X décrit $W_n = [B_1, \ldots, B_n]$; cette expression n'est autre que $\left| \sum^n \bar{t}_k \lambda_k \right| . \left\| \sum^n \lambda_k B_k \right\|^{-1}$, et atteint son maximum $M_n$ en un point

(1) Il en résulte que, si $T \in D_{A^{**}}$, on a aussi $T \in \Delta_{B^*}$, domaine des valeurs de $B^*$; donc $D_{A^{**}} \subset \Delta_{B^*}$.

de $W_n$ qui est la projection, sur $W_n$, du point $\zeta$ solution du problème des moments

$$(2) \qquad (B_k, \zeta) = t_k \qquad (k = 1, 2, \ldots \infty).$$

On a $M_n = \| \operatorname{Proj}_{W_n} \zeta \|$, croissant avec $n$ et tendant vers $\|\zeta\|$. En tout point X de la variété non fermée $\{B_1, B_2, \ldots\}$ on a donc $|(T, A^\star X)|.\|X\|^{-1} \leq M = \|\zeta\|$.

Il en résulte que l'adjoint de « $A^\star$ *dans* $\{B_1, B_2, \ldots\}$ » (5) est exactement défini dans le *domaine* $\Delta_{B^\star}$ *des* $T = \sum^{\infty} t_k e_k$ *pour lesquels* $\overline{\lim_{n=\infty}} \left\| \sum^{n} t_k A_k^n \right\| < +\infty$.

Dans ce domaine, $\zeta_n = \sum^{n} t_k A_k^n$ converge faiblement vers $\zeta$ puisque $(B_k, \zeta_n) = (B_k, t_k A_k^n) = t_k$, pour $n \geq k$; donc $\lim_{n=\infty} (B_k, \zeta_n) = (B_k, \zeta)$ pour $k = 1, 2, \ldots, \infty$; mais $\zeta_n = P_{W_n}\zeta$ prouve que $\zeta_n$ *converge aussi fortement vers* $\zeta$ pour $n = \infty$. Dans ces conditions, pour tout X de $W_n$, on a

$$(T, A^\star X) = \sum^{n} \bar{t}_k (A_k, X) = \left( \sum^{n} t_k A_k, X \right) = \left( \sum^{n} t_k A_k^n, X \right)$$
$$= (P_{W_n}\zeta, X) = (\zeta, P_{W_n} X) = (\zeta, X).$$

Par conséquent, *pour tout* X *de* $W_n$, *on aura* $(T, A^\star X) = (\zeta, X)$, *c'est-à-dire* $\zeta = A^{\star\star}T$. *Pour* X *quelconque, on aura* $(\zeta, X) = \lim (\zeta_n, X) = \lim \sum^{n} \bar{t}_k (A_n^k, X)$, *et, puisque* $A_k^n = P_{W_n} A_k$, $(A_k^n, X) = (A_k, P_{W_n} X)$; donc $\sum^{n} \bar{t}_k (A_k^n, X) = (T, A^\star P_{W_n} X)$; d'où l'on conclut $(\zeta, X) = \lim_{n=\infty} (T, A^\star P_{W_n} X)$ pour X quelconque. Lorsque $X \in D_{A^\star}$, $A^\star X$ existe ainsi que $A^\star P_{W_n} X$. Pour $n = \infty$, $P_{W_n} X$ tend fortement vers X, mais il n'en résulte pas, sans hypothèses supplémentaires, que $A^\star P_{W_n} X$ tende fortement ou faiblement vers $A^\star X$; lorsque cela se produira, il en résultera $(\zeta, X) = (T, A^\star X)$ et T appartiendra à $D_{A^{\star\star}}$ avec $\zeta = A^{\star\star}T$. On vérifie aisément que, pour $T = e_k$, $(e_k, A^\star X) = (A_k, X)$ dans tout $D_{A^\star}$, par suite $A^{\star\star} e_k = A_k$. On vérifie aussi que, si $T \in D_{A^{\star\star}}$, on a, à partir de $(T, A^\star X) = (A^{\star\star}T, X)$, en faisant $X = B_k$, $A^\star B_k = e_k$, $(B_k, A^{\star\star}T) = (e_k, T) = t_k$, donc $A^{\star\star}T$, *lorsqu'il existe, n'est autre que* $\zeta$, *solution du problème des moments* (2), et $\Delta_{A^{\star\star}} \in D_{B^\star}$.

3. Lorsque $A^\star$ est l'*opérateur inverse d'un opérateur borné de 4e classe*, c'est-à-dire lorsque le domaine $\Delta_{A^\star}$ de ses valeurs est $\equiv \mathcal{H}$ (condition d'E. Schmidt), les $B_k$ définissent, par $BA = \sum^{\infty} \lambda_k B_k$, fortement convergente pour tout $A = \sum^{\infty} \lambda_k e_k$ de $\mathcal{H}$, l'opérateur borné B, inverse de $A^\star$, et $D_{A^\star}$ est le domaine $\Delta_B$

(5) On rappelle que $\{B_1, B_2, \ldots\}$ est *contenue dans* $D_{A^\star}$, mais ne constitue pas tout $D_{A^\star}$, en général.

des valeurs de B. Tout $X \in D_{A^\star}$ s'écrit alors $X = BA = \sum^{\infty} \lambda_k B_k$, fortement convergente pour $\sum |\lambda_k|^2$ convergente. Il en résulte

$$A^\star X = \sum^{\infty} e_i(A_i, X) = \sum^{\infty} \lambda_i e_i = A \qquad \text{et} \qquad (T, A^\star X) = \sum^{\infty} \bar{t}_i \lambda_i.$$

Considérons alors $X_n = \sum^{n} \lambda_k B_k$. Pour $n = \infty$, $X_n$ tend fortement vers X et $A^\star X_n = \sum^{n} e_i \lambda_i$ tend fortement vers $A^\star X$. La relation, valable pour tout $X_n$ dans $W_n$, $(T, A^\star X_n) = (\zeta, X_n)$ donne pour $n = \infty$, $(T, A^\star X) = (\zeta, X)$ valable pour tout X de $D_{A^\star} = \Delta_B$. Dans le cas actuel $D_{A^{\star\star}}$ *est donc bien caractérisé par la condition nécessaire et suffisante* (3) du n° 1. Il coïncide d'ailleurs avec $\Delta_{B^\star}$, comme on le voit directement en partant de $(T, Y) = (\zeta, BY)$ valable pour tout Y et tout $\zeta$ de $\mathcal{H}$, en prenant $T = B^\star \zeta$. Par $X = BY$, on en tire $(T, A^\star X) = [(B^\star)^{-1} T, X]$ pour tout $T \in \Delta_{B^\star}$ et tout X de $\Delta_B = D_{A^\star}$. Par suite, $A^{\star\star} = (B^\star)^{-1}$, $D_{A^{\star\star}} = \Delta_{B^\star}$, $D_{A^\star} = \Delta_B$.

4. En définitive, sous les hypothèses du n° 1, le domaine d'existence $D_{A^{\star\star}}$ de l'adjoint $A^{\star\star}$ de « $A^\star$ *dans* $D_{A^\star}$ » est encadré dans les deux domaines suivants :

1° $D_{A^{\star\star}}$ contient tous les $T = \sum^{n} t_i e_i$ pour lesquels $\varliminf_{n=\infty} \left\| \sum^{n} t_k A_k \right\| < +\infty$;

2° $D_{A^{\star\star}}$ est contenu dans le domaine des T pour lesquels $\varlimsup_{n=\infty} \left\| \sum^{n} t_k A_k^n \right\| < +\infty$, où $A_k^n = P_{W_n} A_k$ et $W_n = [B_1, B_2, \ldots, B_n]$. Ce domaine n'est autre que $\Delta_{B^\star}$, domaine des valeurs de l'opérateur $B^\star$.

Avec l'hypothèse particulière $\Delta_{A^\star} = \mathcal{H}$ (condition d'E. Schmidt), $A^\star$ est l'inverse d'un opérateur borné et $D_{A^{\star\star}}$ coïncide avec le 2e domaine ci-dessus. Il serait intéressant d'obtenir d'autres cas où $D_{A^{\star\star}}$ se définit ainsi *exactement*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshalogénation magnésienne des* cis-*chlorhydrines des cyclohexanediols-α substitués. Formation exclusive d'alcoylcyclohexanones par transposition semipinacolique.* Note de M. **Marc Tiffeneau**, Mlles **Bianca Tchoubar** et **Suzanne Le Tellier**.

Au cours de recherches antérieures, il a été montré ([1 a et b]) que, dans leur action sur la chloro-2 cyclohexanone et sur ses homologues, les organomagnésiens réagissent non pas sur le carbone halogéné pour donner lieu à une réaction de double échange, mais bien sur le groupe cétonique pour former normalement les dérivés magnésiens des *cis*-chlorhydrines correspondantes;

(1) Tiffeneau et Mlle Tchoubar, *Comptes rendus*, *a*, 198, 1934, pp. 941 et 1040; *b*, 199, 1934, p. 360.

ces dernières peuvent alors, soit être isolées après décomposition du complexe magnésien par l'eau, soit être transformées par chauffage du même complexe (c'est-à-dire par déshalogénation magnésienne) en alcoylcyclohexanones accompagnées d'une petite quantité d'alcoylcyclopentylcétones; celles-ci, comme celles-là, résultant d'une transposition semipinacolique avec double migration : l'une prépondérante, celle de l'alcoyle, l'autre accessoire, celle du $CH^2$ voisin, d'où dans ce dernier cas raccourcissement de l'anneau cyclohexanique en un anneau cyclopentanique. Il a été montré également ($1^b$) qu'en ce qui concerne cette déshalogénation magnésienne, les chloro-2 cyclohexanols *cis* et *trans* présentent des différences de comportement absolument typiques, puisque dans les mêmes conditions les *cis*, comme on l'a rapporté ci-dessus, sont transformés d'une manière prépondérante en alcoylcyclohexanones, alors que les *trans*, provenant de la fixation de ClOH sur le cyclohexène et ses homologues, sont intégralement transposés en alcoylcyclopentylcétones.

On pouvait dès lors se demander si, dans cette déshalogénation, la formation accessoire de d'alcoylcyclopentylcétone n'était pas due à la présence, dans les *cis*-chlorhydrines initiales, de petites quantités de l'isomère *trans*. Nous avons donc repris cette étude en nous efforçant d'isoler à l'état de pureté les *cis*-chlorhydrines. Celles-ci s'obtiennent, comme on le sait, par action d'une molécule d'organomagnésien sur les α-chlorocyclanones et elles sont constituées principalement par l'isomère *cis* qu'accompagne en petite quantité l'isomère *trans*.

Pour séparer ce dernier, nous avons mis à profit la grande réactivité des dérivés *trans* vis-à-vis des alcalis, alors que les *cis* ne réagissent que très lentement (2). Les dérivés *cis*, ainsi obtenus à l'état pur, ont été soumis à la déshalogénation magnésienne et nous avons constaté que tous conduisent exclusivement à la formation de cyclohexanones-α substituées.

I. Les halohydrines étudiées par nous comprennent, non seulement les trois chlorhydrines décrites dans nos Notes antérieures (1), mais aussi deux nouvelles chlorhydrines que nous avons préparées en vue de compléter les travaux anciennement effectués par divers auteurs concernant l'action de $BrMgC^2H^5$ (3) et de $BrMgC^4H^9$ (4) sur la chlorocyclohexanone. En effet, aucun de ces auteurs n'avait isolé les chlorhydrines *cis* et *trans* formées dans cette réaction, si bien que les cétones transposées obtenues étaient constituées dans chaque cas par un mélange d'une alcoylcyclohexanone et d'une alcoylcyclopentylcétone.

Nos cinq chlorhydrines ont donc été obtenues en faisant agir à froid d'une part $IMgCH^3$, $BrMgC^2H^5$ et $BrMgC^4H^9$ sur la chloro-2 cyclohexanone;

---

(2) Bartlett et Rosenwald, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1990.

(3) Vavon et Mitchovitch, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1938, p. 808; 45, 1929, p. 965.

(4) Vavon et Guédon, *ibid.*, 47, 1930, p. 904

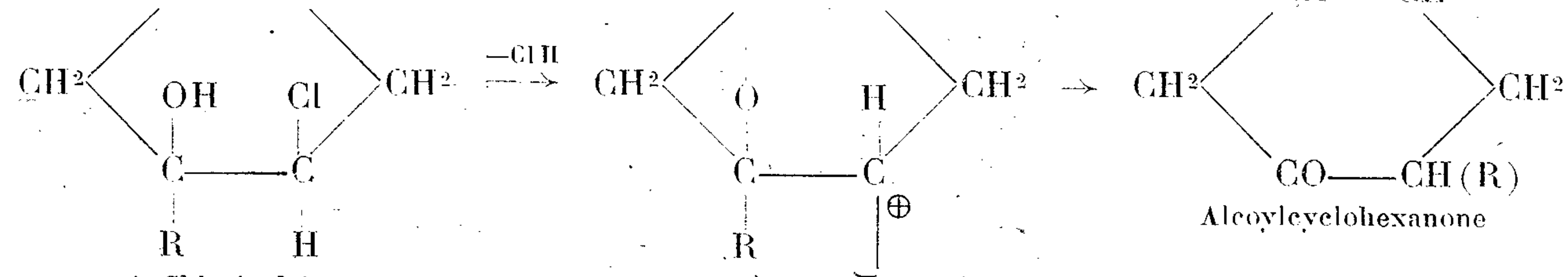
d'autre part $IMgCH^3$ sur la *m*- et la *p*-méthylcyclohexanone. En décomposant par l'eau on obtient un mélange des chlorhydrines *cis* et *trans* qu'on soumet à l'action de la potasse à froid pour transformer la chlorhydrine *trans* en époxyde, alors que la chlorhydrine *cis* reste intacte. Les produits ainsi formés sont séparés par distillation dans le vide. Les chlorhydrines *cis*, isolées à l'état pur, sont alors traitées par $1^{mol}$ de $BrMgC^2H^5$ pour obtenir le complexe magnésien et le tout est chauffé au bain-marie jusqu'à évaporation du solvant. On décompose par l'eau et on isole dans chaque cas une cétone unique dont on prépare la semicarbazone pour l'identifier avec celles déjà préparées antérieurement.

En opérant ainsi, nous avons obtenu les cinq cétones suivantes : 1° avec le *cis*-chloro-2 méthyl-2 cyclohexanol-1 ($É_{13}$ 83-84°; $N_D^{20}$ 1,4785), la méthyl-2 cyclohexanone (semicarbazone F 189°); 2° avec le *cis* chloro-2 éthyl-1 cyclohexanol-1 ($É_{18}$ 96-100°), l'éthyl-2 cyclohexanone (semicarbazone F 165°); 3° avec le *cis*-chloro-1 butyl-1 cyclohexanol-1 ($É_{18}$ 96-99°), la butyl-2 cyclohexanone (semicarbazone F 145°); 4° avec le diméthyl-1.4 chloro-2 cyclohexanol-1 ($É_{17}$ 92-94°), la diméthyl-2.4 cyclohexanone (semicarbazone F 190°); 5° avec le diméthyl-1.3 chloro-6 cyclohexanol-1 ($É_{14}$ 88-90°), la diméthyl-2.5 cyclohexanone (semicarbazone F 170°). Il est donc parfaitement établi que la déshalogénation magnésienne des *cis*-chlorhydrines du cyclohexanediol et de ses homologues conduit à la cyclohexanone et à ses dérivés alcoylés, alors que la déshalogénation des isomères *trans* conduit aux alcoylcyclopentylcétones.

Cette constatation décisive nous conduit à admettre que, dans la déshalogénation des halohydrines des cyclanediols, il se produit, aussi bien pour les dérivés *cis* que pour les *trans*, une inversion de Walden, à la suite de laquelle il semble que la migration de l'alcoyle soit facilitée pour les isomères *cis*, alors que, pour les isomères *trans*, c'est au contraire la migration d'un $CH^2$ du cycle qui serait seule possible.

Cette hypothèse, que tous les faits semblent confirmer, nous a amenés à modifier légèrement les schémas que nous avons donnés antérieurement ([1b], p. 361).

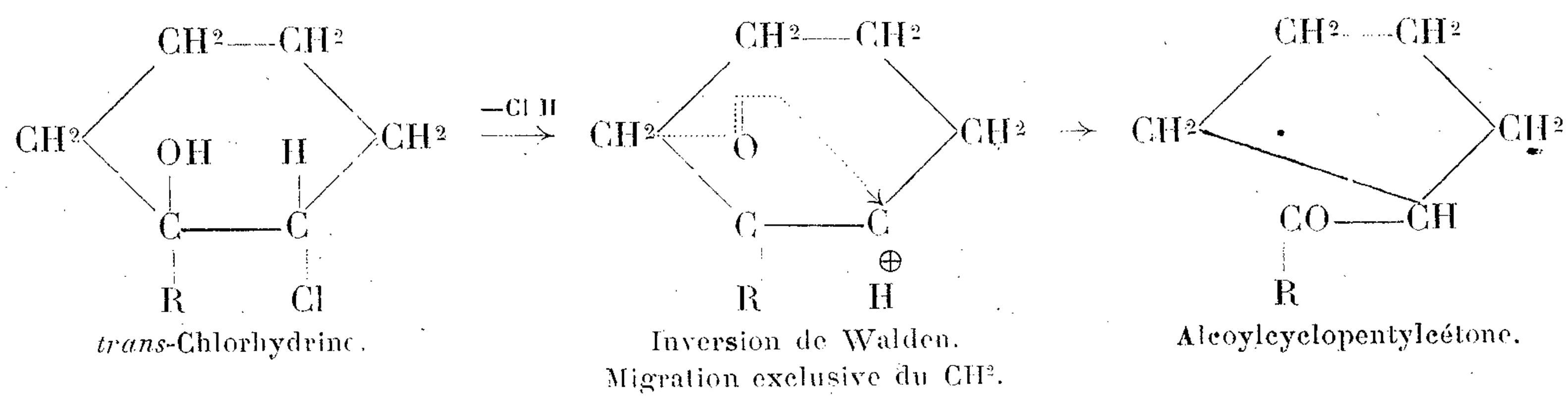
Dans le cas des chlorhydrines *cis*, examiné dans la présente Note, on voit qu'après l'inversion de Walden, c'est la migration du radical qui se trouve




*cis*-Chlorhydrine. Inversion de Walden. Migration exclusive de R. Alcoylcyclohexanone

facilitée. Au contraire, dans le cas des chlorhydrines *trans*, l'inversion de

Walden a pour effet d'éloigner l'alcoyle du carbone devenu positif par la perte de deux électrons, et c'est la migration du $CH^2$ qui seule a lieu. Ainsi,




conformément aux observations faites par Bartlett ([5]), il semble que toute réaction d'élimination d'halogène ou d'hydroxyle sur un noyau cyclanique soit accompagnée d'une inversion de Walden qui précède le phénomène migrateur. Dans les deux cas (*cis* et *trans*), il y a transposition semipinacolique.

II. Une autre constatation concerne la nature *cis* ou *trans* des halohydrines formées dans l'action des organomagnésiens sur les chloro-2 cyclohexanones. Dans nos Notes de 1934 ([1]), la nature des chlorhydrines obtenues n'avait pas été précisée. Or il est facile de se rendre compte que dans l'action de $IMgCH^3$ sur les deux chloro-2 méthyl-5 cyclohexanones isomères ([1b]), l'une de ces cétones, qui est cristallisée (F 53°) et qui est l'une des deux formes diastéréoisomères à l'état de pureté, conduit à la chlorhydrine *trans*, alors que l'autre, qui est liquide, conduit à un mélange dans lequel prédomine la chlorhydrine *cis*. Ainsi la formation des chlorhydrines *cis* et *trans* semble dépendre en grande partie de la structure stérique de la chlorocyclanone initiale lorsque celle-ci comporte un cas de diastéréoisomérie.

Quant aux cas sans diastéréoisomérie (chloro-2 cyclohexanone-1), la simple présence d'un carbone asymétrique au voisinage du carbonyle cétonique suffit pour entraîner par induction la dissymétrie de la réaction magnésienne, si bien qu'on obtient soit un seul des deux diastéréoisomères possibles, soit comme ici ces deux diastéréoisomères, mais avec prépondérance plus ou moins marquée de l'un d'eux. Ce serait un nouvel exemple à ajouter à ceux où il a été montré qu'une réaction dissymétrique analogue se produit chaque fois que l'on fait agir un organomagnésien soit sur des cétoalcools avec obtention de glycols ([6]), soit sur des aminocétones avec formation d'aminoalcools ([7]), soit enfin sur des cétones substituées avec formation d'alcools tertiaires ([8]).

---

([5]) BARTLETT et PÄCKEL, *J. Amer. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 802.

([6]) TIFFENEAU et M^lle JEANNE LÉVY, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1724; *Bull. Soc. Chim.*, **35**, 1924, p. 840; **37**, 1925, p. 1247; **41**, 1927, p. 1371; MC KENZIE, LUIS, TIFFENEAU et WEILL, *ibid.*, **45**, 1929, p. 414.

([7]) TIFFENEAU, M^lle JEANNE LÉVY et DITZ, *Comptes rendus*, **190**, 1931, p. 57; *Bull. Soc. Chim.*, **45**, 1929, p. 414.

([8]) TIFFENEAU et M^lle JEANNE LÉVY, *Bull. Soc. Chim.*, **45**, 1929, p. 195; *Id.* et DITZ, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 955; *Bull. Soc. Chim.*, **49**, 1931, p. 831; **2**, 1935, p. 1855.

*Conclusions.* — 1° Les isomères *cis* et *trans* des chlorhydrines des cyclanediols se comportent d'une manière essentiellement différente dans leur déshalogénation magnésienne. Tandis que pour le *trans*-chloro-2 cyclohexanol-1 et ses homologues substitués sur le carbone-1, cette déshalogénation conduit à des alcoylcyclopentylcétones avec raccourcissement du cycle qui d'hexagonal devient pentagonal, il n'en est plus de même pour les dérivés *cis* correspondants qui, dans les mêmes conditions, sont transformés en alcoylcyclohexanones sans modification de cycle. Dans les deux cas, il y a transposition semipinacolique, mais, dans le premier cas (dérivés *trans*), celle-ci est accompagnée d'une migration d'un $CH^2$ du cycle, d'où raccourcissement de ce dernier, alors que dans le second cas (dérivés *cis*), il y a migration de l'alcoyle fixé sur le carbone porteur de l'hydroxyle, d'où formation d'alcoylcyclohexanones. Cette différence de comportement s'explique par la position spatiale des groupes migrateurs qui, par suite d'une inversion de Walden se produisant pendant la déshalogénation, se trouve renversée de manière à rendre spatialement seule possible la migration constatée.

2° Dans l'action à froid des dérivés organomagnésiens sur la chloro-2 cyclohexanone, il y a formation d'un mélange des *cis* et *trans* chlorhydrines des cyclanediols correspondants. Dans ce mélange, l'une des chlorhydrines, la *cis*, est en quantité prépondérante, par suite de l'influence que le groupe asymétrique CHCl a tendance, comme tout autre carbone asymétrique, à exercer sur le carbonyle voisin, en orientant la rupture de l'oxygène de ce carbonyle dans l'une ou l'autre des deux directions possibles.

MÉDECINE. — *Sur la pathogénie des symptômes et des lésions de la fièvre typhoïde et sur les principes fondamentaux de son traitement spécifique.* Note de M. **Hyacinthe Vincent**.

L'étude expérimentale des toxines sécrétées par le bacille de la fièvre typhoïde a démontré leur individualité pathogène, leurs propriétés distinctes et spécifiques. Elle a mis en évidence le rôle prédominant qu'elles remplissent dans la symptomatologie et les lésions observées au cours de cette maladie (1).

Il est une particularité remarquable que présente la fièvre typhoïde. *Le bacille, en effet, est présent dans le sang plusieurs jours avant l'apparition des premiers symptômes de la maladie* (c'est-à-dire pendant la période dite d'incubation, qu'il serait plus exact d'appeler période d'invasion) *sans éveiller aucune réaction générale ou locale* (Schottmuller, Unger et Auerbach, Conradi, H. Vincent). C'est seulement après ce délai que commencent à apparaître les premiers symptômes, d'ailleurs presque toujours modérés ou peu graves

(1) H. Vincent, *Comptes rendus*, **214**, 1942, pp. 401 et 525; **216**, 1943, p. 707.

pendant la première semaine, malgré la persistance du bacille dans le sang (²) : le microbe commence à sécréter ses toxines. Dans les cultures en série faites par la méthode que j'ai indiquée dans mes Notes précédentes, la production des toxines est plus précoce que chez les malades, parce que le bacille ne rencontre aucun obstacle à son développement.

Or c'est à partir du moment où la fièvre typhoïde affecte son caractère clinique si spécial et si grave que l'hémoculture devient, au contraire, le plus souvent négative. Alors commence la période essentielle de la maladie, dans laquelle on voit apparaître les grandes réactions générales, l'hyperthermie, la stupeur, le délire, les hallucinations, etc., ainsi que la diarrhée. Cette phase nouvelle correspond à celle où le bacille, progressivement adapté à l'organisme vivant qu'il a envahi, sécrète au maximum ses toxines si actives (³).

En conséquence, la fièvre typhoïde comporte dans sa pathogénie et dans son évolution deux stades séparés par la chute thermique temporaire dite de Wunderlich : le premier, exclusivement infectieux et faiblement toxique, le second, presque exclusivement toxique, dû aux poisons solubles du bacille.

Il s'ensuit que, dans sa période la plus critique et la plus sévère, qui se termine souvent par la mort, cette maladie est essentiellement sous la dépendance de l'intoxication par les toxines neurotrope et entérotrope du bacille d'Eberth. Elles imprègnent l'axe cérébro-bulbo-spinal, d'une part et, d'autre part, l'intestin et les plaques de Peyer, les capsules surrénales, le foie, les reins, etc. (⁴).

A cet égard et dans cette phase, la fièvre typhoïde se rapproche, au point de vue pathogénique, de certaines autres toxi-infections telles que la diphtérie, sans cependant être entièrement assimilable à cette dernière, parce que, dans

---

(²) La mort pendant la première semaine de la fièvre typhoïde pure et non compliquée, est, en effet, exceptionnelle. Sur 1106 cas de cette maladie que j'ai observés depuis l'année 1890, je n'ai constaté qu'un cas de mort survenue au 5ᵉ jour, chez un sujet surmené, atteint d'emblée d'une forme nerveuse très grave. Le surmenage expérimental diminue fortement ou abolit presque entièrement le taux de l'alexine contenue dans le sang (H. Vincent) et, pour cette raison, favorise au plus haut point les infections microbiennes.

(³) Une goutte de neurotoxine tue la souris en 14 à 16 heures. La coexistence d'une infection associée et surtout de la streptococcie exalte à un haut degré la virulence et la toxicité du bacille typhique (H. Vincent, Banti. Wassermann, S. Flexner, etc.).

(⁴) L'hypertrophie de la rate est plus spécialement sous la dépendance du stroma des bacilles. L'injection au jeune cobaye normal de bacilles tués et lavés provoque une augmentation parfois énorme du volume de la rate. L'injection sous-cutanée de bacilles tués à un typhoïsant détermine, après 18 heures, l'augmentation du volume de sa rate; cette « spléno-réaction » est spécifique (H. Vincent). Elle est, chez ces malades, négative avec les bacilles paratyphiques.

celle-ci, l'agent pathogène et toxigène demeure presque toujours localisé au foyer initial de l'infection ([5]).

Ce qui précède éclaire la pathogénie de la fièvre typhoïde que l'on avait tendance à considérer comme une « septicémie par excellence » et ses toxines comme « hypothétiques » (F. Widal). Mais ces constatations offrent un autre intérêt et comportent des conclusions plus importantes encore parce qu'elles conduisent à la notion fondamentale du traitement spécifique de la même maladie. Des recherches sans nombre ont été effectuées partout en vue d'opposer à la fièvre typhoïde une sérothérapie efficace, mais ces tentatives multipliées sont demeurées infructueuses parce qu'elles ne tenaient pas compte du rôle fondamental de la toxine neurotrope (alors inconnue) et de la toxine entérotrope (jusqu'ici mal déterminée) dans la pathogénie des symptômes et des lésions de la maladie, et parce qu'elles visaient surtout, sinon exclusivement, la neutralisation du bacille et de ses éléments constituants ([6]). Or l'expérimentation démontre la non-valeur de ce principe et l'inefficacité absolue de cette technique.

Si, en effet, au cobaye fortement immunisé contre le bacille typhique à l'aide de vaccin tué par l'éther, on injecte la toxine neurotrope ou la toxine entérotrope et, *a fortiori*, le mélange des deux toxines, l'animal succombe à peu près dans les mêmes délais que les témoins non immunisés. L'injection de l'entérotoxine amène, en particulier, les lésions habituelles de l'intestin et des capsules surrénales.

Le principe scientifique de la sérothérapie antityphoïdique repose, en conséquence et nécessairement, sur l'immunisation active des animaux producteurs de sérum, non seulement contre le bacille sécréteur des toxines neurotrope et entérotrope, *mais encore et surtout contre ces toxines elles-mêmes*.

Je ferai connaître les résultats démonstratifs des expériences qui confirment les conclusions ci-dessus.

M. **Charles Maurain** dépose sur le bureau un Ouvrage posthume d'**Edmond Rothé**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, dont M$^{me}$ Edmond Rothé fait hommage à l'Académie : *Questions actuelles de Géophysique théorique et appliquée*.

---

([5]) Cependant, après inoculation sous-cutanée du bacille diphtérique au cobaye, le bacille a été isolé dans les viscères dans 41 % des cas (H. A. Ghins) et, au niveau du pharynx, 17 fois sur 39 (M. Gundel et Nihyasi Erzin).

([6]) La réaction d'agglutination du sang des animaux immunisés dans ces conditions, invoquée même encore aujourd'hui comme test d'immunité, est, à ce dernier point de vue, de nulle valeur. Les animaux de laboratoire et les chevaux soumis aux injections de bacilles vivants, possèdent un sérum qui peut agglutiner le bacille même au 1/100000$^{e}$ et qui est cependant dénué de tout pouvoir curatif.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale en remplacement de M. *Édouard Branly*, décédé.

Le nombre de votants étant 43,

| | | |
|---|---|---|
| M. Frédéric Joliot obtient | .............. | 23 suffrages |
| M. Jean Becquerel | » .............. | 19 » |
| M. Jean Cabannes | » .............. | 1 » |

M. **Frédéric Joliot**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Faune de l'Empire français. I. *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord*, par Lucien Chopard.

2° *Bódas de Oiro científicas de António Cabreira e VII Centenário da Tomada de Tavira*. Dupla cerebracão pelo Instituto António Cabreira.

3° Pierre Poirier. *Le hasard et les nombres premiers*.

4° Ministère de la Production industrielle et des Communications. *Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. Introduction à l'étude mécanique des déformations de l'écorce terrestre*, par Jean Goguel (présenté par M. Ch. Jacob).

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'invariant intégral des équations relativistes de l'électromagnétisme*. Note (1) de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

Considérons un domaine de l'espace-temps occupé par une distribution mixte, matérielle et électromagnétique, de densité de masse $\rho$ et de densité de charge $\mu$. Nous nous placerons tout d'abord dans le cas du schéma matière pure-champ électromagnétique (2). Avec des notations classiques le tenseur d'énergie a la forme

$$T_{\alpha\beta} = \rho u_\alpha u_\beta + \frac{1}{4} g_{\alpha\beta}(F_{\lambda\mu}F^{\lambda\mu}) - g^{\lambda\mu}F_{\lambda\alpha}F_{\lambda\beta} \tag{1}$$

(1) Séance du 16 juin 1943.

(2) Lichnerowicz, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 421.

et le système différentiel aux lignes de courant s'écrit

$$(2) \qquad \frac{dx^\alpha}{ds} = u^\alpha; \qquad u^\beta \nabla_\beta u_\alpha = k F_{\beta\alpha} u^\beta,$$

où $k = \mu/\rho$ est constant le long de chaque ligne de courant. Nous supposerons le schéma *homogène*, c'est-à-dire $k$ constant dans tout le domaine d'espace-temps considéré.

Dans ces hypothèses, on peut montrer que les lignes de courant, solutions du système différentiel (2), sont extrémales de l'intégrale

$$\Phi = \int_{u_0}^{u_1} \left[ (g_{\alpha\beta} \dot{x}^\alpha \dot{x}^\beta)^{\frac{1}{2}} - k \varphi_\alpha \dot{x}^\alpha \right] du,$$

où $g_{\alpha\beta}$ et $\varphi_\alpha$ désignent respectivement les potentiels de gravitation et électromagnétiques et où $\dot{x}^\alpha = dx^\alpha/du$. On en déduit que le système différentiel (2) admet l'invariant intégral relatif

$$\omega(\delta) = (u_\alpha - k\varphi_\alpha)\, \delta x^\alpha$$

et l'invariant intégral absolu

$$D\omega(\delta) = \Omega_{\alpha\beta} [\delta x^\alpha\, \delta x^\beta],$$

où $\Omega_{\alpha\beta}$ désigne le rotationnel du vecteur

$$i_\alpha = u_\alpha - k\varphi_\alpha.$$

Le tenseur $\Omega_{\alpha\beta}$ sera dit le tenseur de tourbillon et le vecteur $i_\alpha$ le vecteur impulsion généralisé. Les lignes, trajectoires du vecteur-impulsion, seront dites *lignes d'impulsion*. Nous dirons que le schéma considéré définit un mouvement *rotationnel* ou un mouvement *irrotationnel*, selon que le tenseur de tourbillon est différent de zéro ou identiquement nul.

*a*. Dans le cas du mouvement rotationnel, nous appellerons *vecteur-tourbillon* le vecteur, orthogonal à $u^\alpha$, défini par la formule

$$\theta^\alpha = \varepsilon^{\alpha\beta\gamma\delta} (-g)^{-\frac{1}{2}} u_\beta \Omega_{\gamma\delta},$$

où $\varepsilon^{\alpha\beta\gamma\delta}$ désigne l'indicateur classique de permutation. Le système différentiel aux lignes de tourbillon

$$\frac{dx^1}{\theta^1} = \frac{dx^2}{\theta^2} = \frac{dx^3}{\theta^3} = \frac{dx^4}{\theta^4}$$

admet lui aussi l'invariant intégral $\omega(\delta)$. On en déduit facilement une théorie complète des tourbillons, analogue à celle de l'hydrodynamique classique ou relativiste [3].

*b*. Dans le cas du mouvement irrotationnel, les lignes d'impulsion forment une congruence de normales. *Si le tenseur de tourbillon s'annule sur une hyper-*

---

[3] LICHNEROWICZ, *Ann. École Norm. Sup.*, 58, 1941, IV, p. 301.

*surface orientée dans l'espace, il s'annule identiquement* (permanence des mouvements irrotationnels).

Le schéma considéré définit un mouvement *permanent* si les potentiels $g_{\alpha\beta}$ et $\varphi_\alpha$ sont indépendants de la variable temporelle $x^4$. Le système différentiel (2) admettant la transformation infinitésimale $Xf = \partial_4 f$, on déduit de la forme quadratique invariante

$$D\omega = [\delta i_\alpha\, \delta x^\alpha]$$

la forme linéaire invariante

$$D\omega(X, \delta) = -\delta i_4.$$

Par suite, *dans tout mouvement permanent, la composante* $i_4 = u_4 - k\varphi_4$ *conserve une valeur constante le long de chaque ligne de courant* (extension du théorème de Bernoulli). Les résultats énoncés s'étendent sans difficulté au schéma fluide parfait-champ électromagnétique ([2]) à pression constante. Ils seront développés dans un Mémoire en préparation.

CALCUL MÉCANIQUE. — *Théorie générale des intégrateurs à roulette coupante.* Note de M. **Paul Monfraix**, présentée par M. Armand de Gramont.

Les appareils appelés *intégrateurs* sont destinés à la résolution des équations différentielles. Dans la plupart des cas particuliers, on a pu trouver un dispositif fournissant une solution, mais il ne semble pas que l'on ait donné de ces appareils une théorie assez générale permettant d'en étendre les applications. C'est ce que nous avons tenté de faire dans cette étude, et nous avons pu prévoir ainsi, avec facilité, des dispositifs propres à résoudre les équations de relaxation, de Riccati, d'Abel, ainsi que les équations linéaires du second ordre.

Une équation différentielle du premier ordre traduit une propriété des tangentes ou des normales à la courbe intégrale qui en est la solution. Les intégrateurs à roulette coupante comportent une roulette roulant sans glisser sur une feuille de papier et dont on oriente l'axe suivant une loi donnée; on conçoit qu'une telle roulette permette de résoudre mécaniquement certaines équations différentielles.

*Théorie générale.* — Une figure mobile dans son plan est définie au moyen de deux axes $o'xy$ (*fig.* 1), et les coordonnées de l'un de ses points dans les deux systèmes fixe et mobile sont liées entre elles par les relations

$$x = \alpha + X\cos\Phi - Y\sin\Phi, \qquad y = \beta + X\sin\Phi + Y\cos\Phi,$$

et si l'on considère $\alpha$, $\beta$, X, Y, $\Phi$ comme des fonctions d'un même paramètre, le point $xy$ décrit une courbe du plan fixe.

La tangente et la normale au point M de cette courbe ont respectivement

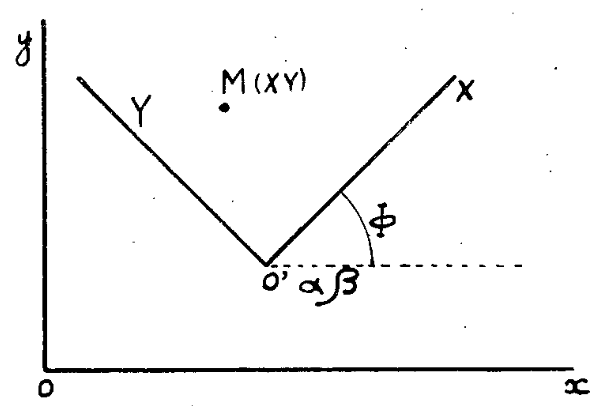
pour équations dans le plan mobile

$$\text{Normale}\quad (X - X_0)\left(\beta' \sin\Phi + \alpha'\Phi \cos + X' - Y\frac{d\Phi}{dt}\right)$$
$$+ (Y - Y_0)\left(\beta' \cos\Phi - \alpha' \sin\Phi + Y' + X\frac{d\Phi}{dt}\right) = 0 \qquad \text{(I) ou N,}$$

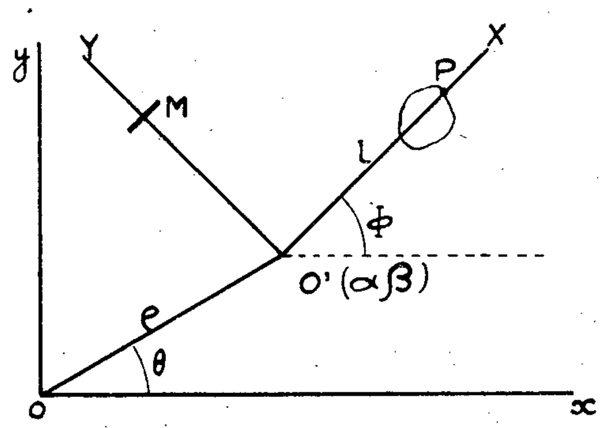
$$\text{Tangente}\quad (X - X_0)\left(\alpha' \sin\Phi - \beta' \cos\Phi - Y' - X\frac{d\Phi}{dt}\right)$$
$$+ (Y - Y_0)\left(\alpha' \cos\Phi + \beta' \sin\Phi + X' - Y\frac{d\Phi}{dt}\right) = 0 \qquad \text{(II) ou T,}$$

$X_0$ et $Y_0$ étant les coordonnées courantes.

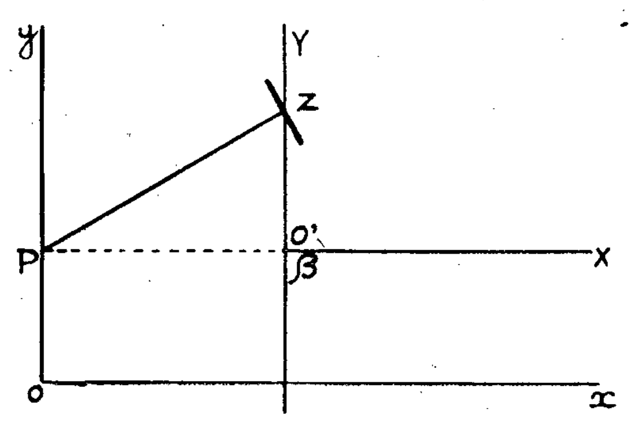
En imposant aux coefficients de l'une ou l'autre de ces équations la



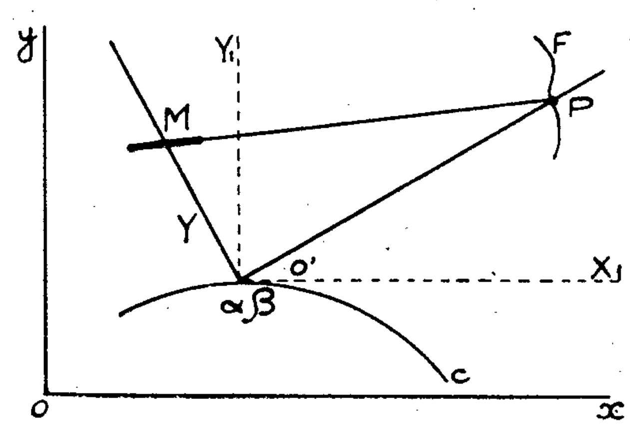

— Fig. 1 —




— Fig. 2 —




— Fig. 3 —




— Fig. 4 —

condition de satisfaire à une relation, nous créerons entre les fonctions X, Y et leurs dérivées une relation.

Par exemple, nous ferons passer la normale par un point du plan; l'équation (I) sera la condition correspondante; nous lui adjoindrons la relation $F(XY) = 0$, qui exprime que le point M est astreint à rester sur une courbe du plan mobile; nous aurons ainsi une équation permettant de déterminer X ou Y en fonction de $t$; cependant que la roulette, par sa trace sur le plan fixe, aura décrit une courbe $xy$ satisfaisant à une équation différentielle donnée.

Nous pouvons encore imposer à la tangente ou à la normale la condition d'envelopper une courbe du plan mobile.

Un cas simple est celui où la roulette est assujettie à rester sur l'un des axes X ou Y (*fig.* 2). Supposons que X soit nul, ainsi que $X_0$, $Y_0$. La normale à la courbe XY passe par $o'$.

Si l'on pose $\alpha = \rho \cos\theta$, $\beta = \rho \sin\theta$, la condition N s'écrit

$$dY = d\rho \sin(\Phi - \theta) - \rho\, d\theta \cos(\Phi - \theta),$$

ou encore

$$dY = d(\rho \sin(\Phi - \theta)) - \rho\, d\Phi \cos(\Phi - \theta).$$

Si l'on se donne $\rho$ en fonction de $\theta$ et une relation entre $\theta$ et $\Phi$, le déplacement Y de la roulette mesurera l'intégrale du second membre.

Considérons les cas suivants :

1° $\rho =$ const. On fait décrire au point P de $o$X une courbe fermée; Y en mesure l'aire.

2° $\rho$ variable, $\Phi = (m+1)\theta$. Y mesure une intégrale $\int \rho \cos m\theta\, d\theta$; on obtient les planimètres polaires.

3° $\beta = 0$. L'équation N représentera les planimètres linéaires.

*Équation de relaxation* (*fig.* 3). — Dans l'équation N on pose : $\alpha = x$, $\Phi = 0$, $X = 0$, $Y_0 = 0$; elle devient $X_0 - Y(Y' + \beta') = 0$ et coïncide avec l'équation de relaxation : $Y(dY/dx) + Yf(x) + x = 0$ lorsque $X_0 = -x$ et $d\beta/dx = f(x)$.

On fait décrire au point $o'$ la courbe $\int f(x)\,dx$, les axes XY restant parallèles à eux-mêmes, et l'on fait passer l'axe de la roulette par le point P ; $Y = Z - \beta$ est la solution de l'équation.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les applications à l'aérotechnique du redressement des photographies aériennes.* Note [1] de M. **Bernard Dubuisson**, présentée par M. Joseph Pérès.

En vue de résoudre de nombreux problèmes d'aérodynamique théorique et pratique, il est indispensable de connaître, à un instant quelconque $t$, les cinq éléments géométriques définissant dans l'espace la position d'un avion en vol : coordonnées $x$ et $y$ du nadir N d'un point S de l'avion; altitude A du point S au-dessus du plan H; inclinaison $i$ du plan de vol; azimut $\theta$ de la ligne de plus grande pente du cliché (*fig.* 1).

Or les *enregistreurs de bord* ne peuvent donner que des valeurs grossièrement approchées de ces cinq éléments fondamentaux. D'autre part, s'il est possible, mais délicat, de déterminer les coordonnées du point S($x$, $y$, A) par trois observations à terre, effectuées *synchroniquement* de trois théodolites dont les positions sont liées géodésiquement, en revanche, aucune organisation analogue n'a permis jusqu'à présent de calculer les angles $i$ et $\theta$ rapidement et avec une précision suffisante.

La solution générale de ce problème a été indiquée en 1922 par

---

(1) Séance du 16 juin 1943.

M. Roussilhe ([2]); elle consiste à utiliser, comme liaison géométrique entre l'avion et le terrain, *la photographie aérienne,* et à déterminer alors (la longueur focale $f$ de l'objectif étant connue) les cinq éléments initiaux de la prise de vue : $x$, $y$, A, $i$ et $\theta$. On emploie, dans ce but, un *appareil de redressement* qui remplace l'image photographique par une perspective horizontale R mise à

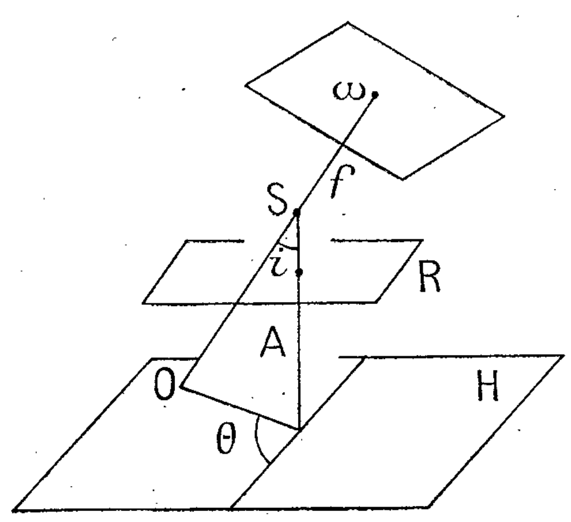



Fig. 1.

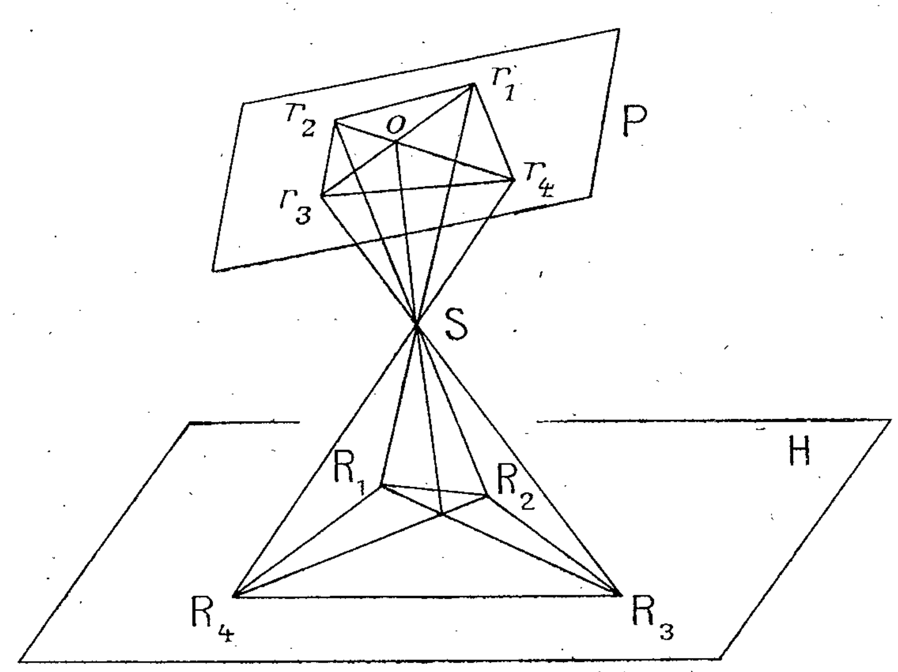



Fig. 2.

une échelle déterminée E, cette perspective étant définie par quatre points de repère du plan H, dont les images photographiques sont nettement identifiées sur le cliché P.

M. Roussilhe a montré en outre :

1° comment on doit transformer le redressement perspectif du cliché en *restitution* correcte du terrain lorsque celui-ci est accidenté ([3]);

2° comment on peut résoudre le *problème de Pothenet dans l'espace* (calcul de $x$, $y$, et A), en partant d'une solution approchée fournie par l'appareil de redressement et en utilisant des formules différentielles très simples (Roussilhe, *Comptes rendus,* 187, 1928, p. 970; *Revue hydrographique*, n° 12, 1929).

Mais cette méthode générale, rigoureuse et s'appliquant à des clichés inclinés d'une manière quelconque, est un peu longue à l'usage (6 heures, dont une notable partie en chambre noire), et divers auteurs ont cherché à simplifier les opérations de redressement, en déterminant au préalable quelques-uns des éléments initiaux de la prise de vue. C'est ainsi que M. R. Martin ([4]), pour déterminer l'inclinaison $i$, utilise, lorsque $i$ est inférieur à 5 grades, un abaque donnant la déformation perspective d'un segment issu du point principal du cliché.

---

([2]) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 863.

([3]) *Ibid.*, 187, 1928, p. 816.

([4]) *Thèse d'Ingénieur-Docteur,* Paris, 31 juillet 1937.

J'ai établi récemment une nouvelle méthode : *a. plus générale*, elle s'applique aux inclinaisons $i$ jusqu'à 10 grades et fournit les 5 éléments de la prise de vue $x$, $y$, A, $i$ et $\theta$; *b. plus simple*, elle utilise, comme point de départ des vecteurs dont on étudie la déformation perspective, le *point de croisement des diagonales* du quadrilatère des points de repère; *c. plus rapide*, elle ne demande que 40 minutes de calcul.

Or le problème, tel qu'il a été posé ci-dessus dans toute sa généralité, correspond à de nombreuses et intéressantes applications en aérotechnique; contrôle des performances, étude de la stabilité de route et du fonctionnement des appareils de direction, contrôle des compas et des altimètres, étude connexe des variations de la pression atmosphérique avec l'altitude etc.

On obtient au surplus deux résultats complémentaires intéressants :

1° calage immédiat et correct des clichés aériens (isolés ou par couples), dans les divers appareils de redressement ou restitution;

2° réduction du temps d'emploi de ces appareils coûteux, et par suite augmentation de leur *rendement utile*.

J'indique seulement ici le *principe* de la nouvelle méthode :

*a*. Si le point O (croisement des diagonales du quadrilatère des repères de restitution dans le plan horizontal du terrain) est aussi le nadir du point de vue S, la *pente* d'une droite-image ($r_1 r_3$) est donnée, pour une inclinaison inférieure à 10 grades, par la relation

$$\sin\alpha_{13} = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{f}{\rho_1} - \frac{A_0}{R_1}\right) - \left(\frac{f}{\rho_3} - \frac{A_0}{R_3}\right)\right],$$

en appelant $R_1$, $R_3$ les vecteurs $OR_1$, $OR_3$ du plan H, $-\rho_1$, $\rho_3$ les vecteurs-images correspondants dans le plan F, $-f$ la longueur focale de l'objectif photographique, et $A_0$ une valeur approchée de l'altitude du point S (donnée par l'altimètre du bord) (*fig.* 2).

*b*. On utilisera la même formule pour calculer la pente des vecteurs-images $r_1 r_3$, même si le point O n'est pas confondu avec le nadir de S, toujours sous la réserve que l'inclinaison $i$ ne dépasse pas 10 grades.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la variation du glissement de roulement avec la vitesse et la pression.* Note de M. **René Swyngedauw**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons établi (¹) que le glissement d'un essieu roulant entre pointes sur un cylindre tournant autour de son axe varie avec le couple frein appliqué à l'essieu ou la résistance au roulement qui lui correspond, comme le glissement d'une courroie sur sa poulie en fonction de l'effort transmis.

La première partie rectiligne de la courbe de glissement correspond au *rampage* de la courroie, le reste de la courbe au *patinage*. Nous utilisons ces mêmes dénominations pour exposer les résultats expérimentaux suivants :

---

(¹) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 902.

A. *Pour un même couple frein,* 1° *si les diamètres des roues de l'essieu sont pratiquement égaux, le glissement est indépendant de la vitesse dans le rampage; tandis qu'il diminue quand la vitesse croît dans le patinage;*

2° *Si les diamètres des roues diffèrent sensiblement, le glissement diminue dans le rampage comme dans le patinage, quand la vitesse croît.*

Avec des diamètres de roues 168$^{mm}$,10 et 160$^{mm}$,20, le glissement à 1300 t/m est les 4/5 environ de sa valeur à 300 t/m.

La vitesse périphérique maximum n'a jamais dépassé 40$^{km}$ à l'heure.

B. 1° *Pour un même couple frein, le glissement varie sensiblement en raison inverse de la pression de l'essieu sur le cylindre.*

On faisait varier la pression à l'aide de rouleaux, ou par levier, ou par adjonction de poids sur l'arbre de l'essieu.

*a.* Chacun des rouleaux roulait entre pointes sur l'arbre de l'essieu; l'un pesait 12$^{kg}$,1, l'autre 21$^{kg}$,7; l'essieu pesant 4$^{kg}$,5, on réalisait ainsi les pressions : 4$^{kg}$,5, 16$^{kg}$,6 et 26$^{kg}$,8.

*b.* Le levier, mobile autour d'un axe fixe parallèle à l'axe du cylindre, portait la moitié supérieure d'un coussinet qui posait sur l'arbre de l'essieu; la pose de l'essieu seul sans surcharge augmentait la pression sur le cylindre de 5$^{kg}$,1. On réalisait les pressions 4$^{kg}$,5, 9$^{kg}$,6, 16$^{kg}$,6, 23$^{kg}$,6 avec l'essieu pesant 4$^{kg}$,5, et les pressions 2$^{kg}$,1, 7$^{kg}$,2 et 14$^{kg}$,3 avec un essieu pesant 2$^{kg}$,1.

*c.* On modifie le poids d'un petit essieu à une roue pesant 925$^{g}$ en lui adaptant deux anneaux d'acier pesant ensemble 825$^{g}$.

2° Si l'on porte en abscisse le glissement et en ordonnée le rapport R/P de la résistance au roulement R qui correspond au couple frein, à la pression P de l'essieu sur le cylindre, *les points obtenus se placent dans le rampage sur le même segment rectiligne, quelle que soit la pression.*

Grâce à cette propriété remarquable, il suffit de relever la courbe de glissement $R/P = f(g)$ à une seule pression pour connaître le glissement correspondant à une résistance quelconque sous une pression quelconque.

3° *Le patinage commence dès que la résistance au roulement de l'essieu dépasse sa valeur critique* $R_0 = \varphi_0 P$, $\varphi_0$ étant le coefficient de frottement statique, P la pression totale de l'essieu sur le cylindre.

Le point de la courbe de glissement qui correspond à $R_0$ est celui à partir duquel le coefficient angulaire de la tangente commence à varier de plus en plus vite avec la résistance au roulement. La valeur $R_0/P$ déduite des courbes de glissement est de l'ordre de grandeur des coefficients de frottement relevés dans le simple glissement.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *La variation de résistance en traction des solides avec la vitesse d'allongement imposée.* Note de M. **Robert L'Hermite**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans le but d'étudier le rôle de la viscosité dans la déformation, nous avons effectué sur de nombreux solides des essais de traction à vitesse imposée constante pendant la durée de l'expérience. Lorsque la vitesse augmente, on constate, pour un même solide, que les diagrammes $F=\Phi(\Delta)$, F force et $\Delta$ allongement ont une même tangente à l'origine mais possèdent des ordonnées croissantes. La charge de rupture R qui correspond au maximum du diagramme croît avec la vitesse $v$; par contre, l'allongement $\Delta_R$ correspondant semble être indépendant de $v$. Il en est ainsi pour le fer pur, entre la vitesse de 3/100 par heure et celle de $10^8/100$ par heure réalisée au mouton Charpy. S'il en est encore ainsi pour les vitesses beaucoup plus élevées, le diagramme d'allongement doit venir à la limite se confondre avec la tangente à l'origine et la charge de rupture tendre vers $F_c = E\Delta_R$. La rupture a lieu dans ces conditions sans aucune déformation plastique; c'est une rupture par décohésion moléculaire et $F_c$ doit nous donner la valeur de la cohésion.

Pour les métaux susceptibles de subir un recuit ou une recristallisation à la température de l'essai, par contre, l'allongement $\Delta_R$ croît avec la vitesse d'allongement et tend vers une vitesse limite pour les chargements rapides. C'est ce qui se passe pour le plomb, l'allongement mesuré va de 9 % à faible vitesse à 20 % à grande vitesse. La valeur de la cohésion est alors supérieure à $E\Delta(m/R)$, où $\Delta(m/R)$ est l'allongement maximum observé.

Pour étudier la variation de $F_R$ avec la vitesse, on peut porter cette charge en ordonnées, et en abscisse le logarithme de la vitesse. On constate alors que les points représentant les résultats de chaque expérience s'alignent sur des droites. *La charge de rupture en traction est une fonction linéaire croissante du logarithme de la vitesse d'allongement imposée.* Ceci s'écrit $F_R = \alpha \log v + \beta$. On en trouve une excellente illustration dans le cas du plomb et pour lequel nous avons étendu les conclusions déjà obtenues par Mc Keown. Nous avons constaté que la vitesse minimum $v$ de déformation au cours d'un essai à charge constante T est la même que celle nécessaire à produire la tension maximum T dans un essai à vitesse imposée $v$. Si cette loi est applicable aux métaux à haute température, il serait alors possible de remplacer l'essai de fluage par un essai de traction [1].

On trouve comme paramètres de la fonction $F_R = \alpha \log v + \beta$ les chiffres donnés par le tableau suivant, qui contient en outre le coefficient d'élasticité, l'allongement de rupture et la valeur théorique de la cohésion $F_c$. Les vitesses

---

[1] R. L'Hermite, *La déformation du plomb. Comptes rendus des recherches effectuées aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics en* 1942, p. 44.

d'allongement doivent être comptées par heure, β donne alors la charge de rupture à la vitesse de 100 % par heure.

| | Domaine des vitesses étudiées. | α. | β en kg/mm². | E en kg/mm². | $\Delta_R$ (%). | $F_c$ en kg/mm². |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Fer pur Armco | 2,2 à $10^8$ | 0,305 | 33 | 20500 | 20 | 4100 |
| 2. Acier au Ni ($A_c$ 32) | 4 à 2600 | 0,87 | 95 | 22000 | 12 | 2650 |
| 3. Duralumin | 3 à 1880 | 0 | 55 | 7300 | 9 | 655 |
| 4. Aluminium laminé | 2,2 à 1340 | 0,218 | 12 | 6870 | 2,5 | 172 |
| 5. Alliage Al-Zn | 2 à 1000 | 5 | 21,5 | 6000 | 33 | 1980 |
| 6. » Al-Cu | 4 à 670 | 0 | 25 | 5970 | 2 | 119 |
| 7. Magnésium | 2 à 1340 | 0,65 | 27,5 | 4730 | 2,6 | 123 |
| 8. Plomb coulé | $10^{-3}$ à $10^3$ | 0,072 | 1,6 | 1600 | 20 | 320 |
| 9. Acier au Mn-Si | — | — | 90 | 22000 | 10 | 2200 |
| 10. Acier mi-dur | | — | 110 | 22000 | 12 | 2650 |
| 11. Même acier trempé et revenu à 500° | — | — | 55 | 22000 | 10 | 2200 |
| 12. Phénoplaste $P2_1$ | $10^{-2}$ à $10^2$ | 0,185 | 5,5 | 1090 | 0,75 | 8,20 |
| 13. Toile bakélisée fine | $10^{-2}$ à $10^2$ | 0,23 | 11 | 925 | 3 | 27,8 |

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur l'application de la relation masse-luminosité au calcul des parallaxes des étoiles doubles spectroscopiques.* Note (¹) de M. **Henry Berthomieu**, présentée par M. Ernest Esclangon.

J'ai montré (²) comment l'application de la relation masse-luminosité aux étoiles doubles spectroscopiques détermine des valeurs maxima et minima des éléments orbitaux quand on connaît l'orbite avec un seul spectre observé (donc la fonction des masses) et la parallaxe. Je traite ici le cas en quelque sorte réciproque où, sans parallaxe, mais avec des données orbitales plus complètes : deux spectres et masses minima, la relation nous renseigne précisément sur la parallaxe, dont elle permet de calculer une valeur maximum et une valeur hypothétique (³).

La relation d'Eddington est prise sous la forme $G = \varphi(\mu)$, $\mu$ désignant la masse d'une étoile, tandis que G se déduit de sa magnitude absolue visuelle M par addition d'un terme U fonction de la seule température, donc connu à partir du type spectral (⁴).

Les données de l'observation sont : la magnitude visuelle apparente totale *m*,

(¹) Séance du 16 juin 1943.

(²) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 472.

(³) Si l'on connaissait la parallaxe, la loi masse-luminosité déterminerait tous les éléments orbitaux (en particulier l'inclinaison), comme l'a montré M. G. Durand (*Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1099 et *Annales Obs. Toulouse*, 11, 1935, p. 209).

(⁴) Sur la réduction à la forme $G = \varphi(\mu)$ et pour les Tables de φ et de U, voir le Mémoire de M. G. Durand, pp. 210 et 224.

les types spectraux des composantes, c'est-à-dire les termes $U_1$ et $U_2$, enfin les masses minima $\mu_1 \sin^3 i = Q_1$ et $\mu_2 \sin^3 i = Q_2$. La solution consiste à appliquer à $Q_1$ et $Q_2$ successivement la relation $M + U = \varphi(\mu)$ pour en déduire (la fonction $\varphi$ étant décroissante) les maxima $M'_1$ et $M'_2$ des magnitudes absolues visuelles $M_1$ et $M_2$ des composantes

$$(1) \qquad M'_1 = \varphi(Q_1) - U_1, \qquad M'_2 = \varphi(Q_2) - U_2.$$

Écrivant ensuite que les éclairements s'ajoutent quand les images sont confondues, j'obtiens le maximum $M'$ de la magnitude absolue *totale* M

$$(2) \qquad 10^{-0,4M'} = 10^{-0,4M'_1} + 10^{-0,4M'_2}.$$

La parallaxe $p$, fonction croissante de M d'après la relation classique entre $m - M$ et $p$, atteint elle-même son maximum $p'$ quand $M = M'$. On a

$$\log p' = -0,2(m - M') - 1.$$

Pour effectuer les calculs, on utilise les variables réduites $x$ et $y$ telles que

$$10^{-0,4x} + 10^{-0,4y} = 1,$$

d'où, par comparaison avec (2), $M'_1 - M' = x$ et $M'_2 - M' = y$. Avec

$$\delta = M'_2 - M'_1 = y(x) - x = -2,5 \log(10^{0,4x} - 1)$$

comme argument, une Table, qui donne deux quelconques des quantités $x$, $y$ et $y - x$ en fonction de la troisième, fait connaître $x$ et $y$, donc $M'$ ([5]). Enfin, $p'$ s'obtient sans effort à l'aide d'une Table des modules de distance $-5 - 5 \log p$.

*Parallaxe approchée.* — En remplaçant $\sin^3 i$ par sa valeur moyenne $\theta_0$ dans les expressions de $Q_1$ et $Q_2$, on obtient d'abord les masses hypothétiques $Q_1/\theta_0$ et $Q_2/\theta_0$ qu'il suffit de substituer à $Q_1$ et $Q_2$ dans (1) pour en déduire les magnitudes absolues et la parallaxe, par les mêmes équations que ci-dessus.

*Précision des résultats.* — Comme l'on connaît rarement avec précision les types spectraux, les termes $U_1$ et $U_2$ sont susceptibles d'erreurs $\Delta U_1$ et $\Delta U_2$. On a

$$\Delta M'_1 = -\Delta U_1, \qquad \Delta M'_2 = -\Delta U_2, \qquad \Delta M' = -\Delta U_1 - \Delta x,$$

et le calcul montre que $\Delta x$ ne dépasse pas, en valeur absolue, $|\Delta U_1 - \Delta U_2|$; ces indications donnent une idée de l'erreur $\Delta p'/p'$ d'après la relation

$$\frac{\Delta p'}{p'} = 10^{0,2\Delta M'} - 1.$$

Mais il est surtout intéressant d'apprécier, en fonction de $\theta = \sin^3 i$, l'erreur commise sur la parallaxe quand on adopte la valeur hypothétique $p_0$ issue de $\theta_0$. D'après les résultats statistiques fournis par les inclinaisons déduites de la

---

([5]) On peut aussi calculer $M'$ directement par (2) en utilisant les *logarithmes d'addition* dont la Table fournit $\log[1 + (1/\alpha)]$ en fonction de $\log \alpha$. Soit C le logarithme additif qui correspond à l'argument $0,4\,\delta$, on a, $M' = M'_1 - 2,5C$.

relation masse-luminosité, et en bon accord avec la loi théorique de probabilité, on a $\theta_0 = 0,57$ ([6]) et l'écart probable $\Delta\theta$ peut être estimé à $\pm 0,2$. Calculant alors $p_0$ et $\Delta p/p_0$, je trouve $p_0 < 0'',010$ pour 90 % des couples traités, dont 65 % avec $p_0 < 0'',005$; tandis que $\Delta p/p_0$ reste compris entre 30 et 70 %. *Vu la petitesse de ces parallaxes*, leur precision doit être considérée comme satisfaisante, du moins par comparaison avec les parallaxes trigonométriques faibles ou négatives que contiennent les meilleurs Catalogues.

*Cas particulier.* — Si, par exception, on trouve des valeurs de $p'$ et de $p_0$ anormalement élevées, on a la certitude d'une forte erreur négative $\Delta p = p - p_0$ imputable à un écart important $\Delta i < 0$ entre l'inclinaison vraie $i$ et la valeur $i_0 = 56°$ qui correspond à $\theta_0$. A défaut d'un renseignement pratique sur la parallaxe, la méthode permet ainsi de déceler certains couples d'inclinaison petite, très inférieure à $i_0$. Mieux encore, on peut se donner, d'après les parallaxes connues, une valeur maximum empirique de $p$, soit $p'' < p_0$, et en déduire un maximum $i'' < i_0$ pour l'inclinaison.

CHALEUR. — *Sur la détermination des températures de rosée.* Note de MM. **Léon Grillet** et **Robert Tessier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Par refroidissement d'une vapeur ou d'un mélange de gaz sec et de vapeur, la condensation apparaît à une température qui dépend de la concentration de la vapeur. La détermination de cette température de condensation permet, moyennant une étude préalable, d'en déduire la concentration de la vapeur ou sa pression partielle.

Pour faire une étude de ce genre, on pourrait utiliser un dispositif analogue aux hygromètres à condensation, dans lesquels on observe généralement directement la formation de rosée. H. Lescœur ([1]) a ainsi étudié la dissociation d'hydrates salins. Th. Ewan ([2]) a déterminé la pression de vapeur de solutions aqueuses. G. Charpy ([3]) a donné le principe de cette méthode pour la mesure des tensions de vapeur de dissolutions, mais n'a pas à notre connaissance publié ses résultats. F. M. Raoult ([4]) a essayé cette méthode, la déclare d'application très délicate et indique qu'il n'a trouvé aucune publication des résultats que Charpy aurait obtenus.

En fait ce procédé semble avoir été peu utilisé et seulement pour des solutions aqueuses. Dans le cas de liquides organiques, l'observation de la formation de rosée est toujours délicate, sinon impossible.

---

([6]) H. Berthomieu, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 566.

([1]) *Ann. Chim. Phys.*, 6e série, **16**, 1899, p. 378.

([2]) *J. Chem. Soc.*, London, **61**, 1892, p. 769.

([3]) *Comptes rendus*, **111**, 1890, p. 102.

([4]) *Tonométrie* (*Coll. Scientia*, n° 8, 1900).

L'un de nous ([5]) a indiqué, il y a une dizaine d'années, un procédé nouveau, utilisable avec des liquides même peu conducteurs de l'électricité.

Nous nous proposons d'indiquer dans cette Note le dispositif que nous utilisons actuellement pour la détermination du point de rosée de liquides ou de mélanges de liquides faiblement conducteurs. Le principe en est le suivant : La vapeur est condensée sous forme d'une mince pellicule liquide sur un support isolant entre deux électrodes conductrices. La formation du film est décelée par le passage d'un courant électrique. L'indicateur de courant est une lampe à luminescence cathodique au néon. Le déclenchement de l'allumage se produit dès que la tension aux bornes des électrodes atteint le potentiel critique d'allumage (inférieur à 100 V).

Le tube hygrométrique est en pyrex. Il porte extérieurement deux anneaux conducteurs distants de quelques millimètres, servant d'électrodes. Ces anneaux sont reliés au secondaire d'un transformateur à enroulements séparés. La lampe au néon est placée en série avec eux. La tension appliquée, réglable, est d'environ 250 V alternatifs de fréquence 50. Le tube est refroidi intérieurement par barbotage d'air dans de l'alcool, de l'éther ou un mélange d'alcool et d'éther. Seule la partie du tube comprise entre les deux anneaux est refroidie. C'est là que se forme le film conducteur. Une chemise de verre empêche, en dehors de cette zone, le contact du milieu dans lequel le tube est plongé avec le tube central refroidi. La condensation d'une masse très faible de liquide est donc suffisante pour que la température de condensation, indiquée par un thermomètre placé dans le tube, soit bien celle de la température de rosée. L'expérience a montré que pour tous les liquides organiques ou mélanges étudiés, la température lue au thermomètre immergé dans le liquide réfrigérent est reproductible au 1/10 de degré près, ce qui correspond à une précision suffisante.

Quand on atteint la température de rosée, l'épaisseur de la pellicule liquide augmente rapidement. On obtient ainsi brusquement le régime lumineux à gaine cathodique qui sert à caractériser la condensation normale de la vapeur. Sans précaution spéciale, on pourrait obtenir, avant d'atteindre la température de rosée, une lueur faible sans gaine cathodique. Cette lueur a comme origine les fuites inévitables dues à la fois à la présence d'un film liquide adsorbé sur la paroi utile de l'hygromètre et aux capacités parasites. Cette lueur ne peut être confondue avec le régime à gaine cathodique. Il est d'ailleurs toujours possible de la supprimer, par exemple par un shunt convenable ajouté à la lampe au néon.

La lampe est soustraite à l'action de la lumière qui peut modifier le potentiel critique d'allumage ([6]). Les électrodes sont observées au fond d'un tube noirci; l'apparition de la gaine cathodique est ainsi plus facilement visible.

---

([5]) LÉON GRILLET, *Bull. Soc. Sc. Bretagne*, 9, 1932, p. 16.

([6]) LÉON GRILLET, *Bull. Soc. Sc. Bretagne*, 8, 1931, p. 55.

Avec le dispositif que nous utilisons, le courant a une intensité de l'ordre de $10^{-8}$ ampère. C'est la conductivité du liquide condensable qui limitera l'emploi de cette méthode.

L'emploi d'un galvanoscope est possible en courant continu, mais son usage ne présente aucun avantage sur la lampe et rend l'observation plus difficile.

ÉLECTRICITÉ. — *Propagation des courants sinusoïdaux dans une ligne quelconque.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Considérons une ligne dont $l$, $r$, $c$ et $g$ représentent respectivement, rapportées à l'unité de longueur, la self-inductance, la résistance, la capacité et le coefficient de perte; si le courant et la tension au point d'abscisse $x$ sont des fonctions harmoniques de pulsation $\omega$ et d'amplitudes respectives $I(x)$ et $V(x)$, on sait que ces amplitudes satisfont au système différentiel

$$(l\omega j + r)I = -\frac{dV}{dx}, \qquad (c\omega j + g)V = -\frac{dI}{dx} \qquad (j = \sqrt{-1}).$$

Nous nous proposons, dans le cas où les paramètres $l$, $r$, $c$ et $g$ sont des fonctions quelconques de $x$, de déterminer $V(x)$ et $I(x)$.

Pour simplifier, posons

$$\alpha(x) = l\omega j + r, \qquad \beta(x) = c\omega j + g.$$

Nous avons à résoudre le système

$$\alpha(x)\,I(x) = -\frac{d}{dx}V(x), \qquad \beta(x)\,V(x) = -\frac{d}{dx}I(x). \tag{1}$$

Cherchons des solutions de la forme

$$\left\{\begin{array}{l} I(x) = I_1(x) + I_2(x) + I_3(x) + \ldots, \\ V(x) = V_1(x) + V_2(x) + V_3(x) + \ldots. \end{array}\right. \tag{2}$$

En remplaçant dans les équations (1), il vient

$$\alpha\, I_1 + \alpha\, I_2 + \alpha\, I_3 + \ldots = -\frac{dV_1}{dx} - \frac{dV_2}{dx} - \frac{dV_3}{dx} - \ldots$$

$$\beta V_1 + \beta V_2 + \beta V_3 + \ldots = -\frac{dI_1}{dx} - \frac{dI_2}{dx} - \frac{dI_3}{dx} - \ldots,$$

ce que nous écrivons

$$\frac{dV_1}{dx} + \left(\alpha\, I_1 + \frac{dV_2}{dx}\right) + \left(\alpha\, I_2 + \frac{dV_3}{dx}\right) + \ldots = 0,$$

$$\frac{dI_1}{dx} + \left(\beta V_1 + \frac{dI_2}{dx}\right) + \left(\beta V_2 + \frac{dI_3}{dx}\right) + \ldots = 0.$$

Nous déterminons alors les fonctions $I_1, I_2, \ldots, V_1, V_2, \ldots$, en écrivant que les deux premiers termes des équations précédentes, ainsi que toutes les

parenthèses, sont nulles (1); il vient ainsi

$$\frac{dV_1}{dx}=0, \qquad \alpha I_1+\frac{dV_2}{dx}=0, \qquad \alpha I_2+\frac{dV_3}{dx}=0, \qquad \ldots,$$
$$\frac{dI_1}{dx}=0, \qquad \beta V_1+\frac{dI_2}{dx}=0, \qquad \beta V_2+\frac{dI_3}{dx}=0. \qquad \ldots.$$

On en déduit immédiatement

$$V_1=V_0, \qquad I_1=I_0,$$

$V_0$ et $I_0$ étant des constantes; puis

$$V_2=-\int_0^x \alpha\, I_1\, dx=-I_0\int_0^x \alpha\, dx, \qquad V_3=-\int_0^x \alpha\, I_2\, dx=V_0\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx,$$
$$I_2=-\int_0^x \beta V_1\, dx=-V_0\int_0^x \beta\, dx, \qquad I_3=-\int_0^x \beta V_2\, dx=I_0\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx,$$

et plus généralement

$$V_{2n}=-I_0\underbrace{\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\ldots\int_0^x \alpha\, dx}_{2n-1}, \qquad I_{2n}=-V_0\underbrace{\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\ldots\int_0^x \beta\, dx}_{2n-1},$$
$$V_{2n+1}=V_0\underbrace{\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\ldots\int_0^x \beta\, dx}_{2n}, \qquad I_{2n+1}=I_0\underbrace{\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\ldots\int_0^x \alpha\, dx}_{2n}.$$

La solution s'écrit alors

$$(3) \qquad \begin{cases} V=AV_0+BI_0, \\ I=CV_0+DI_0, \end{cases}$$

où A, B, C et D se présentent sous forme de séries

$$(4) \qquad \begin{cases} A=1+\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx+\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx+\ldots, \\ -B=\int_0^x \alpha\, dx+\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx+\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx+\ldots, \\ -C=\int_0^x \beta\, dx+\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx+\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx+\ldots, \\ D=1+\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx+\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx\int_0^x \beta\, dx\int_0^x \alpha\, dx+\ldots. \end{cases}$$

Les relations (4) permettent, d'autre part, d'écrire

$$\frac{dA}{dx}=-\alpha C, \qquad \frac{dD}{dx}=-\beta B, \qquad -\frac{dB}{dx}=\alpha D, \qquad -\frac{dC}{dx}=\beta A.$$

Quand les paramètres $l$, $r$, $c$ et $g$ se réduisent à des constantes, on retrouve sans difficulté les développements ordinaires.

(1) Voir H. Parodi, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 606.

On a donc

$$\frac{d}{dx}(\mathrm{AD}-\mathrm{BC}) = \mathrm{A}\frac{d\mathrm{D}}{dx}+\mathrm{D}\frac{d\mathrm{A}}{dx}-\mathrm{B}\frac{d\mathrm{C}}{dx}-\mathrm{C}\frac{d\mathrm{B}}{dx}=0.$$

Ainsi l'expression de AD — BC demeure constante tout le long de la ligne; comme d'autre part, pour $x=0$, $\mathrm{A}=\mathrm{D}=1$ et $\mathrm{C}=\mathrm{B}=0$, il est manifeste que la valeur constante de AD — BC est *l'unité*. La propagation dans une ligne quelconque est donc régie par des équations analogues à celles d'un quadripôle.

Cette dernière propriété a été signalée par M. Ravut ([2]), sans qu'il ait pu donner une expression directement calculable des coefficients A, B, C et D; la démonstration de cette propriété est immédiate à partir de nos formules.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption par la vapeur de sodium de la raie jaune du Ciel nocturne*. Note de MM. **Jean Bricard** et **Alfred Kastler**, présentée par M. Charles Fabry.

L'un de nous avait précédemment utilisé ([1]) une méthode simple pour étudier la finesse de la raie jaune crépusculaire : son absorption par une cuve à vapeur de sodium dont on fait varier la température et la pression. La même méthode a été reprise à l'Observatoire du Pic du Midi pour étudier la raie jaune du Ciel nocturne, mais avec un montage perfectionné comportant les éléments suivants :

La lentille L projette sur la fente FF′ d'un spectrographe très lumineux, à ouverture de chambre F/0,7, les images de trois cuves en quartz à faces parallèles C, $C_1$ et $C_2$. Chacune des cuves $C_1$ et $C_2$, d'épaisseur intérieure $10^{mm}$, comporte une queue communiquant avec la cuve. Les deux cuves ont été évacuées et scellées après y avoir distillé un peu de sodium, et l'on a vérifié qu'elles présentent le phénomène de résonance optique. La cuve C, ouverte à l'air et constituée simplement par deux lames à faces parallèles, sert de cuve témoin; elle est placée entre les cuves $C_1$ et $C_2$ (*fig.* 1). On obtient ainsi sur la plaque photographique trois spectres superposés, correspondant chacun à la lumière ayant traversé les cuves $C_1$, C ou $C_2$.

L'ensemble des trois cuves est disposé dans un four électrique à trois compartiments. Dans le compartiment central se trouvent les trois cuves proprement dites; elles sont maintenues à la température T. Les queues sont maintenues aux températures $\theta_1$ et $\theta_2$ inférieures à T, et l'on peut admettre que la pression de vapeur dans chacune des cuves correspond à la température de sa queue. Lorsque le four n'est pas chauffé, il n'y a aucune absorption, et les trois

---

([2]) *Rev. Génér. Électr.*, **7**, 1920, p. 611; voir aussi Thomas, *ibid.*, **26**, 1929, p. 567.

([1]) A. Kastler, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 530.

spectres sont également intenses. Lorsqu'on chauffe le four, il se produit un phénomène analogue à celui qui a été constaté avec la raie jaune du crépuscule : la raie jaune du Ciel nocturne, très intense à travers la cuve témoin, s'affaiblit et finit par disparaître lorsqu'elle est photographiée à travers les cuves de

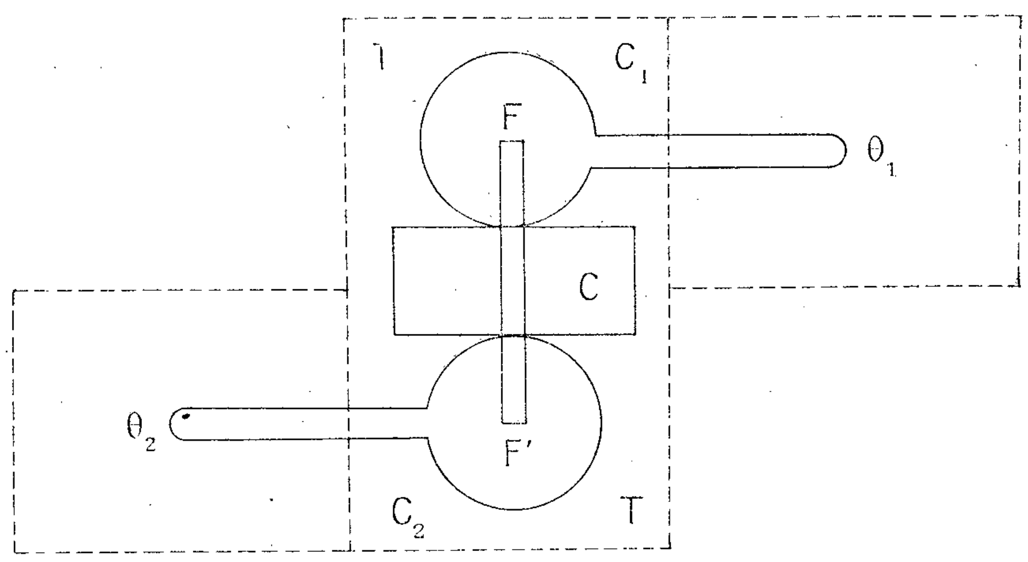



Fig. 1.

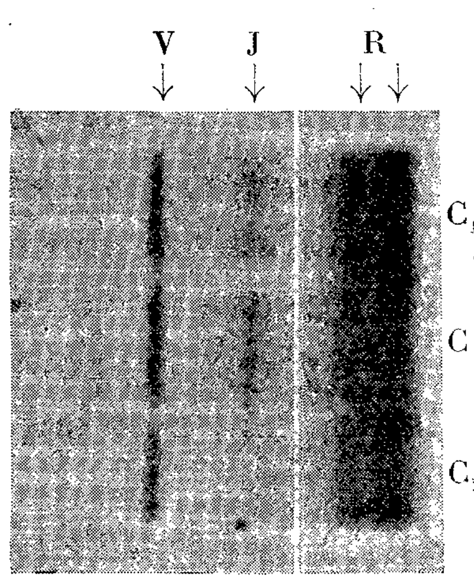



Fig. 2.

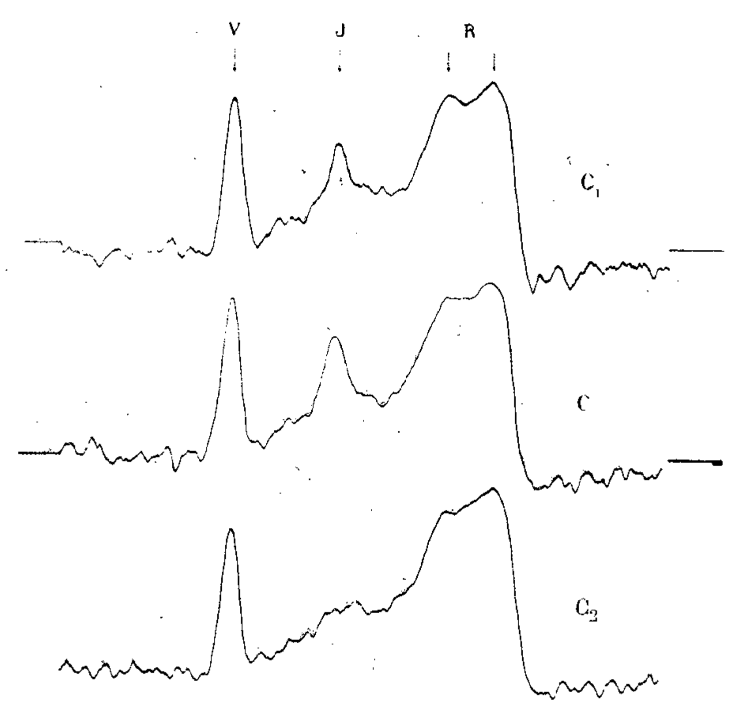



Fig. 3.

sodium qu'on chauffe progressivement. La figure 2 représente les spectres que l'on obtient dans les conditions suivantes :

$$T = 216^\circ \text{ C.} \ldots\ldots\ldots\ldots \left\{ \begin{array}{ll} \theta_1 = 149^\circ \text{ C.}, & \text{queue de } C_1, \\ \theta_2 = 209^\circ \text{ C.}, & \text{queue de } C_2. \end{array} \right.$$

La figure 3 représente l'enregistrement microphotométrique des trois spectres. Alors que la raie verte du Ciel nocturne est également intense dans les trois spectres, il y a absorption totale de la raie jaune dans le spectre du bas (cuve $C_2$), et absorption partielle faible dans le spectre du haut (cuve $C_1$). Si l'on se base sur des calculs classiques [2], cet exemple montre que les

---

[2] A. C. G. MITCHELL et M. W. ZEMANSKY, *Resonance Radiation and Excited Atoms*, Cambridge, 1934, pp. 122 et 323.

composantes de la raie jaune nocturne ont, comme celles de la raie jaune crépusculaire, une largeur de l'ordre de l'effet Döppler pur, soit environ 0,03 Å.

La lumière de la raie D se superpose à celle qui est diffusée par l'atmosphère et qui l'accompagne toujours en proportions variables. Le montage décrit ci-dessus permet d'éliminer la lumière due à ce fond continu : on peut l'évaluer dans le spectre où la raie est totalement absorbée. On peut ainsi mesurer le taux d'absorption de la vapeur de sodium dans le spectre où l'absorption est partielle.

Connaissant l'épaisseur de la cuve absorbante, sa température et la pression de vapeur, le calcul (²) permet de déterminer la largeur d'effet Döppler de la raie émise par la haute atmosphère, et l'on a ainsi des renseignements sur la température des atomes émetteurs. Des mesures d'absorption sont en cours pour la raie jaune crépusculaire.

PHOTOCHIMIE. — *Sur le mécanisme de l'émission de rayonnement ultraviolet par polarisation anodique.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Certains métaux (Al, Ta, Mg, Si) utilisés comme anodes dans des électrolytes variés présentent des phénomènes de polarisation accompagnés d'effets lumineux dans le domaine du visible déjà signalés par de nombreux auteurs : on observe une luminescence uniforme sur toute la surface de l'anode caractérisée par une bande présentant un maximum aux environs de 4750 Å et, pour les très hautes densités de courant, un étincellement correspondant à un spectre de raies lié à la nature de l'électrode et à celle du liquide.

D'autre part, en 1933, j'ai montré, avec van Doormal (¹), grâce à l'emploi des compteurs photoélectriques à AI et CuI, que ces phénomènes s'accompagnaient également d'émission de lumière ultraviolette. L'étude quantitative faite avec O. Viktorin (²) a montré que l'intensité J de l'émission était liée à l'intensité I du courant et au potentiel anodique V par la relation $J = kI.e^{bV}$, dont il est possible de rendre compte de la manière suivante. La polarisation anodique sur ces électrodes est due à la formation, par oxydation, d'une couche à haute résistance consécutive à la décharge des ions $\bar{OH}$. Conformément au mécanisme général de l'électrolyse (³), seuls se déchargent sur l'électrode des ions $\bar{OH}$ qui ont une énergie supérieure à l'énergie d'activation $W_1$ exigée pour le processus de décharge.

Si l'on représente respectivement par $e$ et V la charge de l'électron et la

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1883.
(²) *Journ. Chem. Phys.*, **5**, 1937, p. 18.
(³) R. Audubert, *Journ. de Phys.*, 5ᵉ série, 3, 1942, p. 81.

différence de potentiel anode-liquide, une fraction $\alpha$ de l'énergie $eV$ peut être transférée à l'ion et se retrancher de l'énergie $W_1$.

Admettons, d'autre part, que les radicaux formés puissent eux-mêmes conserver sous forme activée une fraction ou la totalité de l'énergie de l'ion et que l'émission soit due à des réactions entre radicaux activés et normaux du type :

| | Réactions. | Effet thermique (en kg/cal). | Longueur d'onde (en Å). |
|---|---|---|---|
| (1) | $OH + OH^* \rightarrow H^2O^2 + h\nu_1$ | 130 | 2187 |
| (2) | $OH + OH^* \rightarrow H^2O + \frac{1}{2}O^2 + h\nu_2$ | 156 | 1895 |
| (3) | $OH^* + OH^* \rightarrow H^2O^2 + h\nu_3$ | 195 | 1458 |
| (4) | $OH^* + OH^* \rightarrow H^2O + \frac{1}{2}O^2 + h\nu_4$ | 218 | 1304 |

Si l'on représente par $W_2$ l'énergie nécessaire pour que ces réactions photogéniques se produisent, la vitesse de formation des radicaux activés est

$$\frac{d[OH^*]}{dt} = k[\overline{OH}]e^{-\frac{W_2 - \alpha \mathcal{F} V}{RT}},$$

où $[\overline{OH}]$ représente l'activité ou la concentration des ions $\overline{OH}$, R la constante des gaz, T la température absolue et $\mathcal{F}$ le Faraday. Mais, étant données les valeurs élevées des potentiels anodiques, tous les ions $\overline{OH}$ atteignant l'électrode s'y déchargent, $k[\overline{OH}] \approx I$ et, enfin, en écrivant les équations relatives à la cinétique de ces différents processus, on a :

$$\frac{d[OH^*]}{dt} = \sum k\nu = k' I e^{\frac{\alpha \mathcal{F} V}{RT}}.$$

On retrouve donc, à partir de ces hypothèses, la relation expérimentale et au surplus, on constate, ainsi que l'exige la théorie, que les valeurs de $\alpha$ déduites des valeurs expérimentales de $b$ sont $< 1$.

En admettant que l'énergie lumineuse est empruntée à l'énergie dégagée par la réaction, on peut calculer les fréquences d'émission à condition de connaître le niveau d'activation des radicaux OH.

Or M. Bonnemay et moi nous avons vérifié que des substances antioxygènes introduites dans le liquide anodique ont pour effet de supprimer ou d'atténuer la luminescence; si l'on rapproche ce fait de l'inhibition de la fluorescence dans ces mêmes substances, on peut raisonnablement admettre que la luminescence visible (4750 Å ou 60 kg/cal) est due à la désactivation du radical; en prenant ainsi pour énergie d'activation cette valeur, on trouve les bilans thermochimiques ainsi que les longueurs d'onde correspondantes contenus dans le tableau.

Il est possible de comparer ces résultats au spectre réel que l'on peut obtenir en disposant l'électrode polarisée devant la fente d'entrée d'un monochromateur à optique de quartz, un photocompteur à CuI étant placé devant la

fente de sortie. En tenant compte de la courbe de brillance spectrale du compteur, on obtient, dans le domaine de la sensibilité des compteurs, quatre bandes dont les positions sont indépendantes du potentiel anodique et de la nature de l'électrode et de celle du liquide :

$$1950 \pm 25, \quad 2190 \pm 15, \quad 2390 \pm 16, \quad 2530 \pm 35.$$

On vérifie que deux de ces bandes correspondent assez bien aux prévisions de la théorie. Il est en outre possible d'admettre que les réactions des types (3) et (4) peuvent s'effectuer en libérant une partie de leur énergie sous forme thermique et l'autre sous forme de lumière, le photon libéré étant dû à la désactivation de deux radicaux OH, c'est-à-dire correspondrait à 2370 Å, valeur très voisine de la 3ᵉ bande que l'on trouve dans le spectre.

En résumé, l'existence de réactions entre radicaux OH normaux et activés rend compte de l'existence de 3 sur 4 des bandes d'émission trouvées expérimentalement ; elle permet en outre, de prévoir, ainsi qu'on le vérifie, que le spectre est indépendant de la nature de l'électrode et des conditions de la polarisation.

PHOTOCHIMIE. — *Sur une interprétation de la photolyse des azotures alcalins en solutions aqueuses*. Note (1) de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Les mesures de la vitesse de décomposition des azotures alcalins sous l'influence de la lumière ultraviolette (2537 Å) permettent de faire les remarques suivantes (2).

La courbe $v = \varphi(t)$ représentant la variation de la vitesse de décomposition en fonction du temps présente une période d'induction, une période de décroissance rapide, un palier suivi d'une période de décroissance. Pour les concentrations inférieures à N/1000, on constate :

*a*. que l'allure de la courbe $v = \varphi(t)$ au voisinage de l'origine est parabolique ;

*b*. que la vitesse moyenne pendant la première minute est proportionnelle à la concentration ;

*c*. que l'ordonnée du palier de vitesse est proportionnelle au carré de la concentration.

En outre le rendement quantique est très faible au début de la réaction ($10^{-1}$), alors qu'au palier de vitesse il peut atteindre $10^4$, ce qui est l'indice d'une réaction par chaînes. Enfin des résultats expérimentaux qui ont déjà été exposés (2) conduisent à penser que la photolyse se produit à partir de

(1) Séance du 17 mai 1943.

(2) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 65 ; **216**, 1943, pp. 52, 154 et 230.

l'ion $(\overline{N_3})$, et que cet ion doit, avant de se décomposer, être amené, par l'action du rayonnement à une forme directement décomposable $(\overline{N_3})'$ dont la vie moyenne serait de 5 minutes.

R. Audubert et ses collaborateurs ont montré que la décomposition des azotures se produisait, dans le cas de la thermolyse en phase solide et de l'électrolyse, par l'intermédiaire d'azote activé électroniquement, $N_2^*$, agissant comme porteur de chaîne. En appliquant la même hypothèse au cas présent on est conduit à admettre le processus suivant :

$$
\begin{array}{lll}
(\overline{N_3}) + h\nu & = (\overline{N_3})' \text{ constante de vitesse} \ldots\ldots & k_1 \\
H_2O + (\overline{N_3})' + h\nu & = N_2^* + \quad NH + (\overline{OH}) \ldots\ldots\ldots & u \\
H_2O + \quad N_2^* + (\overline{N_3}) & = N_2^* + N_2 + NH + (\overline{OH}) \ldots\ldots\ldots & \alpha_1 \\
H_2O + \quad N_2^* + (\overline{N_3})' & = N_2^* + N_2 + NH + (\overline{OH}) \ldots\ldots\ldots & \alpha_2 \\
(\overline{N_3})' & = (\overline{N_3}) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & k_2 \\
N_2^* & = N_2 + h\nu_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \gamma
\end{array}
$$

Les radicaux (NH) réagissant ensuite entre eux et avec l'eau pour donner des produits secondaires.

En appelant $n$, $x$, N, N', le nombre au temps $t$ d'ions $(\overline{N_3})$, $(\overline{N_3})'$, de molécules $(N_2)$ formées et de $(N_2^*)$ respectivement, les équations de la cinétique s'écrivent

$$
\frac{dx}{dt} = k_1 n - k_2 x - xu - \alpha_2 x N',
$$

$$
\frac{dN'}{dt} = xu - \gamma N',
$$

$$
\frac{dn}{dt} = -\alpha n N' + k_2 x - k_1 n,
$$

et

$$
v = \frac{dx}{dt} + \frac{dn}{dt} = -xu - \alpha_2 N x - \alpha_1 n N.
$$

Ce système d'équations différentielles ne se résout pas dans le cas général. Mais l'expérience montre que, dans tous les cas, la quantité de produit inital décomposé est très faible quand le palier de vitesse est atteint. Nous pourrons donc rendre compte de la première partie de la courbe de vitesse, jusqu'au palier, en supposant que la concentration de ce produit reste constante et égale à $n_0$. On a alors, au voisinage du palier,

$$
v = n_0 A(1 - e^{-Bt}) + \frac{cn_0^2 A}{\gamma} + \frac{cn_0^2 A}{B - \gamma} e^{-Bt},
$$

où A, B, C sont des fonctions de $\alpha_1$, $\alpha_2$, $k_1$, $k$. En outre, au voisinage de l'origine, l'expression de $v$ s'écrit

$$
v = n_0 u k_1 t + \alpha_2 \frac{n_0 u k_1}{2} t^2 + (k_1 + u) n_0 u k_1 t^2 + \ldots.
$$

On voit alors d'après ces formules que :

1° la vitesse au voisinage de l'origine doit être proportionnelle à $n$;

2° cette vitesse varie avec le temps comme une parabole;

3° la vitesse étant très petite au voisinage de $t=0$, on comprend que les rendements quantiques observés soient très faibles, la quantité de lumière absorbée restant sensiblement la même au cours de la réaction;

4° pour les valeurs de $t$ assez grandes, les termes exponentiels deviennent très faibles et l'expression de $v$ s'écrit

$$v = An_0 + \frac{cn_0^2 A}{\gamma}.$$

Cette formule rend bien compte de la variation de l'ordonnée du palier de vitesse avec la concentration; l'expérience montre en effet que $An_0$ est négligeable devant l'autre terme.

Enfin on rend également compte de la partie décroissante de la courbe expérimentale en admettant, suivant une approximation classique, qu'au bout d'un certain temps on a

$$\frac{dx}{dt} = 0, \qquad \frac{dN'}{dt} = 0.$$

Dans ces conditions on obtient

$$v = kJ\left[\frac{1}{k+u} + \frac{\alpha n_0 u}{\gamma(k+u)}\right] e^{-kt\left[\frac{1}{k+u} - \frac{\alpha n_0 u}{\gamma(k+u)}\right]} \qquad (k = k_1 + k_2),$$

où J est une constante d'intégration.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude, par la méthode d'absorption, du rayonnement de conversion interne émis par* $Br^{82}$ (34 *heures*) *et par* $Br^{80*}$ (4,5 *heures*). Note de M. **André Berthelot**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous utilisons l'appareil précédemment décrit ([1]) pour étudier les raies de conversion associées à la transition isomérique

$$Br^{80*}(4,5 \text{ heures}) \rightarrow Br^{80}(18 \text{ min.}).$$

Les sources, préparées comme il a été indiqué, contiennent à l'origine les trois périodes : 18 minutes, 4,5 heures et 34 heures. L'équilibre de régime est établi entre les deux premières 3 heures après la fin d'irradiation, et l'activité totale décroît alors comme celle d'un mélange de deux périodes. C'est sur ce produit que l'on fait la mesure d'absorption.

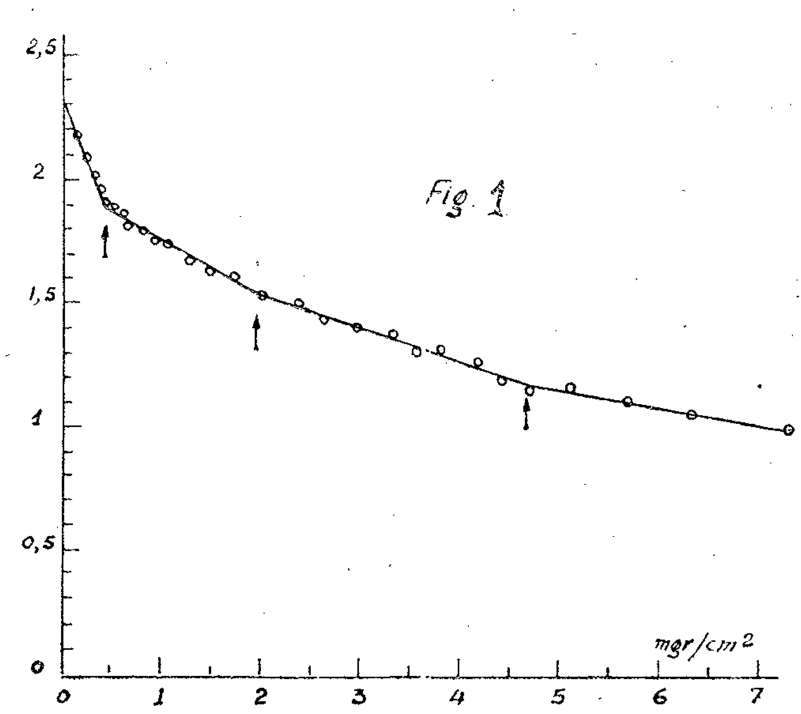
La présence de $Br^{82}$ (34 heures) entraîne la nécessité d'une correction. Son activité subsistant seule 48 heures après la fin d'irradiation, il est alors facile d'en étudier l'absorption. La courbe obtenue (*fig.* 1) présente 3 points

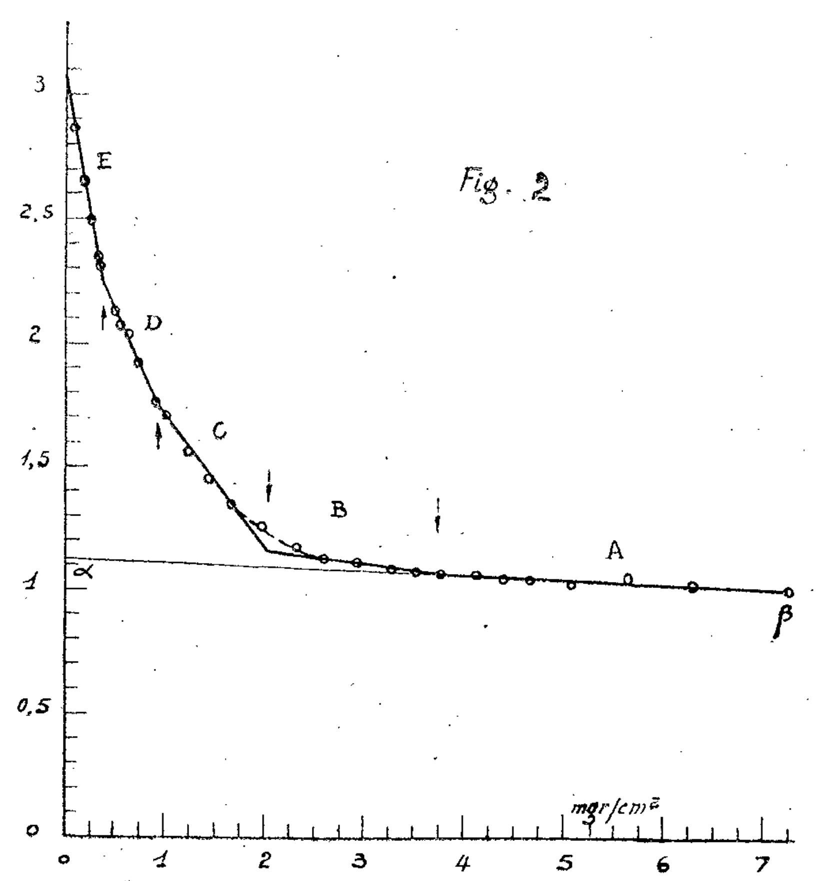
---

([1]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 806.

anguleux correspondant respectivement à des écrans d'épaisseurs 0,40, 1,90 et 4,65 mg/cm², indiquant la présence de 3 raies de conversion que ces écrans absorbent complètement.

Pour étudier l'absorption du rayonnement du produit en équilibre de régime $Br^{80*} \rightarrow Br^{80}$, nous en suivons avec différents écrans absorbants l'évolution au cours du temps pour une source donnée. Pour chaque écran utilisé, la courbe de décroissance obtenue est la somme de deux exponentielles de périodes 4 h 30 min et 34 heures. Nous utilisons dans chaque mesure un écran de référence de masse superficielle 7,27 mg/cm². Pour cet écran nous mesurons




l'activité au bout d'un temps suffisant pour que la période 34 heures soit seule présente et nous en déduisons l'activité à l'origine des mesures. La courbe d'absorption du $Br^{82}$ précédemment déterminée permet alors de connaître les activités en période 34 heures pour les autres écrans. En faisant la différence, nous obtenons l'activité en période 4 h 30 min. pure. Pour obtenir une bonne précision, il est nécessaire, pour suivre la décroissance d'une source donnée, de n'utiliser qu'un nombre peu élevé d'écrans et de recommencer un certain nombre de fois avec des écrans différents en gardant naturellement le même écran de référence. La courbe d'absorption ainsi obtenue (*fig* 2) peut se décomposer en un certain nombre d'éléments rectilignes dont les intersections définissent les parcours extrapolés de raies électroniques associées à la transition isomérique. Les épaisseurs correspondantes des écrans d'aluminium sont 0,38, 0,95, 2,05, 3,75 mg/cm². La droite $\alpha\beta$ reproduit la courbe d'absorption des rayons $\beta$ du $Br^{80}$ dans son état fondamental. Elle coïncide avec la courbe dans la région A.

Les mesures de Valley et Mac Creary [2], au spectrographe magnétique, ont montré que 3 raies de conversion d'énergies 23,6, 35,5 et 47,2 keV étaient associées à la transition isomérique du brome. Il est naturel de leur attribuer les trois plus grandes des limites d'absorption indiquées. Nous pensons que la 4ᵉ est relative aux électrons Auger produits par effet photoélectrique interne après que l'atome ait été laissé dans un état excité par l'expulsion d'un électron de conversion K. Ces électrons ont été observés à la chambre de Wilson par Siday [3].

Les parcours réels attribuables à chacune des raies précédentes sont obtenus en majorant les épaisseurs d'écrans de 0,20 mg/cm² correspondant à la traversée du premier compteur et de 0,05 mg/cm² représentant l'épaisseur moyenne de support traversée par les rayons. Ils sont, au moins pour les deux plus faibles raies, assez nettement différents de ceux indiqués par Schonland [4], mais cela tient vraisemblablement à la différence des méthodes expérimentales. Les résultats précédents donnent 4 points d'une courbe énergie-parcours, valable pour le dispositif expérimental utilisé. Cette courbe permet d'estimer l'énergie des raies de conversion des éléments pour lesquels aucune mesure au spectrographe magnétique n'a été faite. Nous trouvons ainsi pour $Br^{82}$, outre une raie d'électrons Auger, les énergies 34 et 53 kV d'après les parcours déjà donnés.

La désintégration $\overset{+}{\beta}$ de $^{78}Br$ s'accompagnant d'une raie de conversion indiquant un niveau à 46 kV [2] et $Kr^{83*}$ présentant un niveau à 46 kV [5], on remarquera que 4 noyaux voisins possèdent un niveau aux environs de 50 kV. Nous pensons que ceci n'est pas un effet du hasard, mais traduit une analogie de constitution, telle par exemple que l'existence au sein de ces noyaux de groupements de particules identiques.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Effet Raman dans les cristaux; raies de l'ion* $ClO^{-3}$ *dans le spectre Raman d'un cristal de chlorate de sodium.* Note de MM. **Auguste Rousset**, **Jean Laval** et **Robert Lochet**.

Dans l'étude de l'effet Raman des cristaux dont la maille renferme plusieurs ions (ou molécules), on peut, après avoir dénombré et classé les fréquences propres de l'ion, coupler les mouvements de tous les ions de la maille et expliquer ainsi la polarisation de certaines raies Raman du cristal : raies internes de l'eau de cristallisation du gypse [1], raies externes du naphtalène [2]

(2) *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 863.
(3) *Proc. Roy. Soc.*, 178, 1941, p. 189.
(4) Rutheford, *Radiations from Radioactive Substances*, p. 422.
(5) Helmholtz, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 415.

(1) J. Cabannes et R. Aynard, *Journal de Physique*, 3, 1942, p. 137.
(2) A. Kastler et A. Rousset, *Journal de Physique*, 2, 1941, p. 49.

et des dérivés dihalogénés du benzène ([3]). Cette méthode va nous permettre d'interpréter la structure et l'état de polarisation de certaines raies Raman d'un cristal de chlorate de sodium à partir des oscillations externes et internes de l'ion $ClO^{-3}$.

I. Prévisions théoriques. — 1° *Raies externes.* — L'ion $ClO^{-3}$ a une structure pyramidale régulière; ses ellipsoïdes d'inertie et des réfractivités sont de révolution; seuls les pivotements autour d'axes perpendiculaires à l'axe terniaire sont actifs; tous ces pivotements ayant même fréquence, le mouvement de l'ion est une précession autour de l'axe terniaire. Nous avons déjà calculé le tenseur $[a]$ qui relie les amplitudes des vecteurs lumineux, incident et diffusé, rapportés aux axes $x$, $y$, $z$ de l'ion ($y$ : axe terniaire) ([2]); il est caractérisé par $a_{xx}=a_{yy}=a_{zz}=0$, $a_{xz}=0$; $a_{xy}=a_{yz}$. Pour l'ensemble des 4 ions $ClO^{-3}$ de la maille, le tenseur $[A]$, rapporté aux arêtes 1, 2, 3 du cube élémentaire, est de la forme $A_{11}=A_{22}=A_{33}$, $A_{12}=A_{23}=A_{31}$. Mais par rapport aux trois axes binaires hélicoïdaux équivalents 1, 2, 3, une oscillation de la maille peut être totalement symétrique ($A_{ij}=0$) ou triplement dégénérée ($A_{ii}=0$). *Aux mouvements de précession des ions* $ClO^{-3}$ *doivent donc correspondre 2 raies Raman de fréquences voisines, l'une symétrique, l'autre dégénérée, dont les tenseurs sont complémentaires.*

2° *Raies internes.* — La pyramide régulière $ClO^{-3}$ admet 4 fréquences fondamentales : 2 symétriques, 2 doublement dégénérées.

Pour une *vibration symétrique*, le tenseur $[b]$, rapporté aux axes $xyz$ de l'ion, est caractérisé par $b_{xx}=b_{zz}\neq b_{yy}$, $b_{xy}=b_{yz}=b_{zx}=0$. Le tenseur $[B]$, rapporté aux axes 1, 2, 3 du cristal, est caractérisé par $B_{11}=B_{22}=B_{33}$ et $B_{12}=B_{23}=B_{13}=0$. *Il ne doit apparaître qu'une raie polarisée.*

Au cours d'une *oscillation dégénérée* du groupe de symétrie $C_{3v}$, l'ellipsoïde des réfractivités de l'ion non déformé effectue un mouvement de précession autour de l'axe ternaire. Le tenseur a donc la même forme que pour une précession vraie, et, comme pour la raie externe, *à chacune des 2 raies doublement dégénérées de l'ion* $ClO^3$ *correspondront dans le cristal 2 raies voisines, l'une symétrique, l'autre triplement dégénérée.*

II. Résultats expérimentaux. — 1° *Mesure des fréquences.* — Nous avons obtenu un spectre Raman plus complet que tous ceux déjà publiés ([4]). Voici la liste des fréquences, en $cm^{-1}$, avec les intensités relatives : 66,5 (1), 92,5 (0), [122,5-130] (3), 179 (0), [480-487] (6), 625 (3), [933-936] (10), [963-968] (2), 984 (5), 1003 (0), 1026 (5), 1285 (0).

L'existence de la raie 179 est confirmée; les raies 1003 et 1285 sont des raies nouvelles; *les doublets, entre crochets, n'avaient jamais été résolus jusqu'ici.*

2° *Mesure des polarisations.* — Dans le montage classique transversal, on est

([3]) A. Rousset et R. Lochet, *Journal de Physique*, 3, 1942, p. 146.

([4]) *Tables annuelles des Constantes et Données numériques*, XII, sect. 26, p. 23.

gêné par le pouvoir rotatoire; nous décrirons ultérieurement les dispositifs qui nous ont conduits aux résultats que nous reportons ci-dessous : [(S) désigne une raie symétrique, (D) une raie triplement dégénérée].

Le doublet externe 122,5 (D)-130 (S) vérifie bien notre hypothèse d'une précession des ions $ClO^{-3}$ autour de leurs axes de symétrie.

Le doublet interne 480(S)-487(D) provient de la forte raie, doublement dégénérée, de l'ion que l'on trouve, dépolarisée, en 479 dans la solution. La seconde raie dégénérée de l'ion apparaît dans le cristal sous la forme du doublet 963 (S)-968 (D). D'abord confondue avec la fréquence 1026 par les auteurs qui ne l'avaient pas observée en solution, elle avait été ensuite indiquée en 984 par J.-P. Mathieu et G. Gallet ([5]) qui avaient décelé une bande en 980 dans la solution. Les 2 raies dégénérées, 984 et 1026, doivent être attribuées à des mouvements d'ensemble des ions $ClO^{-3}$ et $Na^{+}$.

La raie symétrique de valence paraît sous la forme d'une raie intense, polarisée, avec sensiblement la même fréquence, 936, dans le cristal et dans la solution. Mais nous n'avons pas retrouvé dans le spectre du cristal la seconde raie symétrique de l'ion. Parce qu'il existe une raie polarisée en 620 $cm^{-1}$ dans le spectre des solutions, tous les auteurs ont confondu jusqu'ici la raie symétrique de déformation des valences avec la raie 625 du cristal; cette attribution est inexacte, car, d'après nos mesures de polarisation, la raie 625 est une raie dégénérée. Quant au satellite 933 de la raie 936, sa faible intensité et sa polarisation peuvent s'expliquer par un effet d'isotopie du chlore.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la connaissance des* pH *correspondant aux seuils de précipitation des éléments des terres rares*. Note de M<sup>me</sup> **Marcelle Trombe**.

Les bases fortes et l'ammoniaque donnent dans les solutions salines de terres rares un précipité d'hydroxyde ou de sel basique. Le pH pour lequel ce précipité se produit varie avec la nature de l'élément rare à précipiter et sa concentration dans la solution. Cette propriété a pu être utilisée, entre autres, par G. Urbain ([1]), Prandlt ([2]), E. W. Dorfurt et O. Schhliephake ([3]) pour séparer, par précipitations fractionnées, à l'aide d'ammoniaque, plusieurs éléments à l'état pur.

Il est nécessaire pour obtenir le maximum d'efficacité du fractionnement d'introduire l'ammoniaque sous forme extrêmement diluée, telle que sa concentration finale $C_2$ soit très voisine de sa concentration initiale $C_1$.

Le pH obtenu est ainsi pratiquement constant en tous les points de la solution et, si la valeur de $C_1$ est convenablement choisie, les meilleures conditions de séparation sont réalisées.

---

([5]) *Bull. Soc. franç. Minér.*, 65, 1942, p. 6.

([1]) *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, 19, 1900, pp. 184 et 274.

([2]) *Z. anorg. Chem.*, 143, 1925, pp. 277-284.

([3]) *Z. anorg. Chem.*, 170, 1928, pp. 129-144.

En effet, si V et $v$ sont respectivement les volumes de la solution ammoniacale et de la solution à précipiter, on a $C_1 V = C_2 (V + v)$, donc $C_2 \rightarrow C_1$ pour $V + v/V \rightarrow 1$.

Le volume V doit être considérable.

On évite cet inconvénient en introduisant l'ammoniaque non plus sous forme de solution, mais sous forme de gaz, dilué par de l'air et circulant par barbotage dans la solution de terres rares; cette méthode, récemment publiée par F. Trombe ([4]), a été utilisée pour mes essais.

En 1925, Britton ([5]) a étudié, pour tous les éléments du groupe du cérium, la variation de pH que l'on observe par addition progressive de soude (0,1 N) dans une solution de sel rare, environ 0,001 moléculaire; les pH, des seuils de précipitation observés, doivent être dans ces conditions très inférieurs aux pH réels de la précipitation au contact des deux phases liquides ($C_2$ très inférieur à $C_1$).

Mes essais sur les éléments cériques et yttriques, à l'état pur, paraissent à l'abri de cette cause d'erreur. J'ai en effet réalisé l'approche du pH correspondant au seuil de précipitation, de façon très progressive, par dissolution lente de gaz ammoniac (très dilué dans l'air), circulant dans la solution de nitrate de l'élément rare à précipiter. On obtient dans tous les cas un état colloïdal plus ou moins stable, qui précède l'état de floculation et la séparation du précipité. A ce moment le pH tombe brusquement, puis croît à nouveau très lentement à mesure que la concentration de la solution en ion rare décroît. Les courbes (*fig.* 1 et 2) montrent pour le nitrate de néodyme en solution

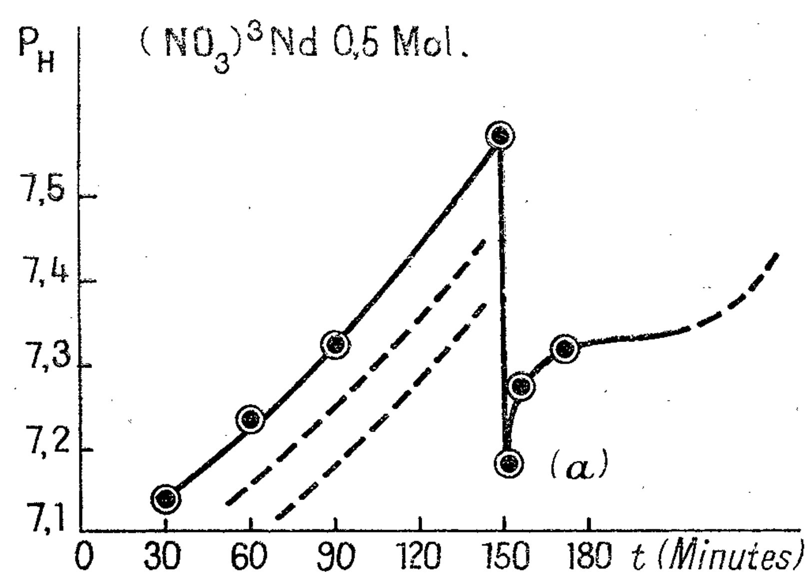



Fig. 1.

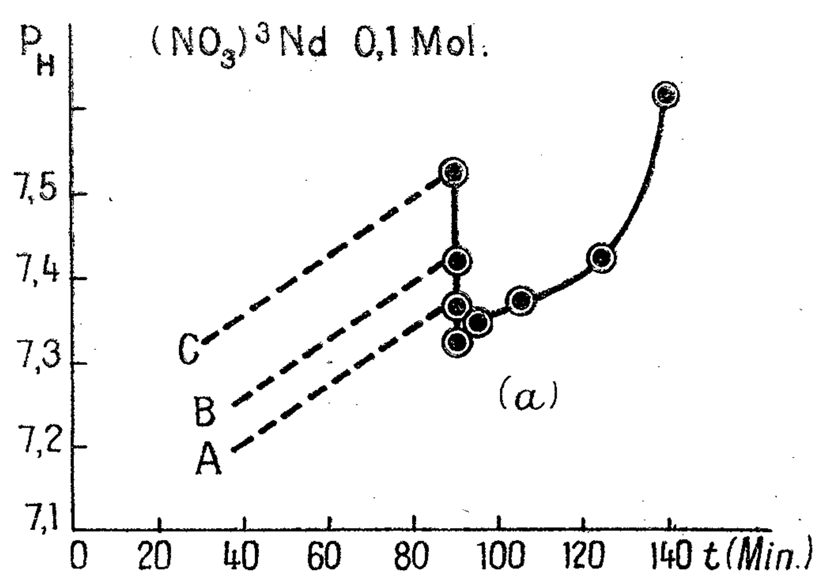



Fig. 2.

(0,5 et 0,1 mol) l'allure de ce phénomène dont l'importance croît 1° avec la concentration de l'ion rare; 2° en raison inverse de la rapidité d'admission de la base dans la solution. Au-dessous de la concentration 0,05 mol, il n'est plus observable.

Pour les fortes concentrations, le pH minimum [*fig.* 1 (*a*) et 2 (*a*)] a été adopté comme correspondant au seuil de précipitation (*fig.* 3). Pour les faibles concentrations, la valeur du pH indiquée correspond au point d'inflexion de la courbe de saturation. J'ai déterminé la valeur de ces pH pour les concen-

([4]) *Comptes rendus*, **215**, 1942, pp. 539-541.

([5]) *J. Chem. Soc.*, **127**, 1925, p. 2110.

trations 0,5; 0,1; 0,05; 0,01 et 0,005 moléculaires, par comparaison, à l'aide d'une électrode de verre, de solutions de pH voisins, préalablement étalonnées par une électrode à hydrogène.

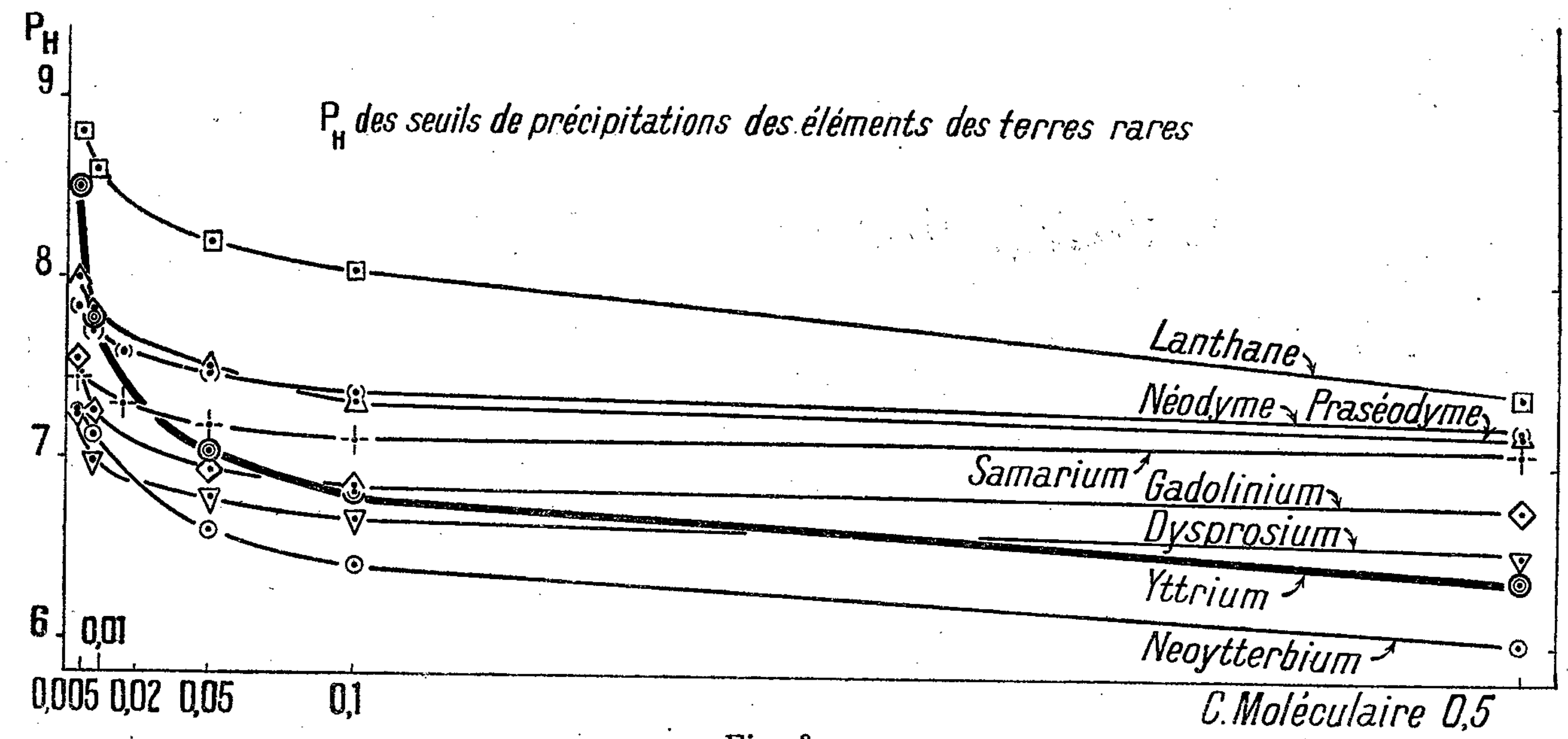



Fig. 3.

Mes résultats permettent les conclusions suivantes :

1° Les pH mesurés pour les éléments cériques sont à concentration égale, plus élevés que ceux donnés par Britton (0,3 à 0,6).

2° La variation du pH ($\Delta$pH), en fonction de la concentration, est très notable. Dans le domaine de concentration étudié, on trouve pour $\Delta$pH : La, 1,44; Pr, 0,85; Nd, 0,65; Sa, 0,39; Gd, 0,80; Dy, 0,75; Yb, 1,25; Y, 2,14. Dans le groupe cérique $\Delta$pH décroît régulièrement du lanthane au samarium.

3° La valeur très élevée de $\Delta$pH, 2,14, pour l'yttrium, explique l'incohérence des résultats obtenus dans le classement de ce métal par précipitation basique. Aux concentrations élevées il se situe dans le milieu du groupe yttrique; aux faibles concentrations, par contre, il rejoint la tête du groupe cérique.

4° Les courbes de la figure 3 permettent de choisir les intervalles de pH les plus grands entre deux ou plusieurs éléments, et ainsi de connaître les concentrations les plus favorables à leur séparation.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les transformations du métaphosphate de sodium vitreux*. Note de M. **André Boullé**, présentée par M. Paul Lebeau.

On sait que le trimétaphosphate de sodium, préparé, soit par la méthode de Knorre ([1]), soit par déshydratation de l'orthophosphate monosodique $PO^4H^2Na$, ne subit aucune transformation par chauffage ([2]) jusqu'à la fusion

---

([1]) Knorre indique la réaction suivante à 300° :

$$NO^3NH^4 + PO^4HNa^2 \rightarrow PO^3Na + NO^3Na + NH^3 + H^2O$$

([2]) Boullé, *Comptes rendus*, 202, 1935, pp. 658 et 832; *Thèse*, Paris, 1942, p. 36.

à 640°; le refroidissement rapide du liquide donne un verre soluble, que l'on considère comme un hexamétaphosphate complexe $[(PO^3)^6Na^2]Na^4$.

Nous avons montré (³) que le recuit du produit vitreux, suivi par analyse thermique différentielle et diagrammes X de poudres, provoque la cristallisation à 300° à l'état de trimétaphosphate.

L'étude du refroidissement lent du sel de Graham liquide a été faite par M. Pascal (⁴), qui a réalisé la cristallisation, dans un produit fortement surfondu, d'un nouveau métaphosphate insoluble, qu'il a appelé sel de Kurrol (⁵). Ce corps serait totalement différent du sel insoluble de Maddrell résultant de la déshydratation, dès 250°, du pyrophosphate acide $P^2O^7Na^2H^2$. M. Pascal a reproduit plus commodément le sel de Kurrol en utilisant la pyrogénation à 500° des monoalcoylphosphates suivant la réaction

$$PO^4H(C^2H^5)Na \rightarrow PO^3Na + C^2H^5.OH.$$

Le métaphosphate obtenu se dissout dans les solutions diluées de pyro- et d'hexamétaphosphate de sodium en donnant des liqueurs visqueuses, et la viscosité des solutions varie lorsqu'on les prépare à partir de sel de Kurrol calciné à diverses températures jusqu'à fusion : 810°; de ces variations, M. Pascal a déduit l'existence pour ce métaphosphate de transformations réversibles représentées par le schéma

$$PO^4H(C^2H^5)Na \xrightarrow[500^\circ]{} \text{sel de Kurrol I} \underset{595^\circ}{\rightleftarrows} \text{Kurrol II} \underset{725^\circ}{\rightleftarrows} \text{Kurrol III} \underset{810^\circ}{\rightleftarrows} \text{Kurrol IV (liquide).}$$

Récemment Bonneman (⁶), reprenant l'étude de la pyrogénation de $PO^4H(C^2H^5)Na$, a montré qu'on obtient dès 200° non le sel de Kurrol décrit ci-dessus, mais un métaphosphate mal cristallisé, soluble dans l'eau et qui serait probablement le dimère $(PO^3)^2Na^2$.

Plus récemment encore Huber et Klumpner (⁷) ont suivi à nouveau le refroidissement lent du sel de Graham fondu en opérant de manière à ce que la température baisse de 650 à 550° en plusieurs heures. Dans ces conditions les auteurs préparent un métaphosphate insoluble qui ne présente pas les caractères de celui décrit par M. Pascal; en particulier, il n'est pas soluble dans les solutions de pyrophosphate de sodium; son point de fusion est nettement distinct, 640° au lieu de 810°; enfin l'évolution par chauffage est également différente.

Dans des recherches antérieures non publiées, nous avons constaté les faits suivants :

1° Le métaphosphate liquide provenant de la fusion à 640° du triméta A, d'une origine quelconque, peut être maintenu en surfusion jusqu'à des températures inférieures à 550°, c'est-à-dire dans un domaine de température où le méta B peut exister; nous avons dit (⁸) que le méta B peut être considéré

---

(³) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 223; *Thèse*, Paris, 1941, p. 39.

(⁴) *Bull. Soc. Chim.*, **35**, 1924, p. 1124.

(⁵) Désignation résultant de l'analogie observée par M. Pascal entre l'évolution par chauffage du produit préparé et celle des métaphosphates de potassium obtenus par Kurrol à partir de $PO^4H^2K$ et étudiés par M. Pascal.

(⁶) *Thèse*, Paris, 1941, p. 69.

(⁷) *Zeits. anorg. Chem.*, **251**, 1943, p. 213.

(⁸) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 915; *Thèse*, Paris, 1941, p. 34.

comme le principal constituant du sel de Maddrell, et l'on sait que la transformation irréversible méta B → triméta A s'effectue rapidement au-dessus de 550°.

2° Lors du refroidissement très lent du métaphosphate liquide, les premiers cristaux apparaissent à 590° et le produit est entièrement solidifié à 540°. Il y a toujours sur les bords du creuset une faible partie du produit qui est à l'état vitreux, tandis que le centre est bien cristallisé.

3° Le spectre X du produit brut de refroidissement est très voisin de celui du triméta A. La reprise par l'eau dissout une grande partie de la masse et la précipitation de la solution par l'alcool donne du triméta A caractérisé par son spectre X et son précipité argentique. L'insoluble est séché dans le vide; son spectre X est celui du méta B et sa calcination, suivie par analyse thermique et diagrammes X, provoque la transformation connue en triméta A.

Ainsi s'expliquent les observations de Huber et Klumpner : le métaphosphate insoluble qu'ils obtiennent est bien le sel de Maddrell, du moins le méta B, qui évolue suivant le processus décrit vers le triméta A. Nous n'avons pas pratiqué l'amorçage de la masse surfondue comme l'ont fait Huber et Klumpner, si bien que le rendement en sel insoluble est beaucoup plus faible dans nos expériences. Mais notre mode opératoire confirme la stabilité du triméta A qui constitue la majeure partie du produit de refroidissement lent du liquide provenant de sa fusion.

De l'ensemble de ces recherches, il résulte :

1° que, pour le sodium, la pyrogénation des alcoylphosphates et le refroidissement lent du liquide provenant de la fusion du trimétaphosphate ne conduisent pas à la formation de métaphosphates analogues aux sels de Kurrol décrits pour le potassium.

2° que le refroidissement lent du liquide ci-dessus donne un mélange de triméta A et de méta B en proportions variables avec la température à laquelle s'effectue la cristallisation et avec l'addition de germes convenables.

On peut donc dire que, dans l'état actuel des recherches, les métaphosphates de sodium et de potassium évoluent de manières très différentes par chauffage :

Dans le cas du sodium, les variétés insolubles (méta B et D) et le sel de Graham (métal vitreux) se transforment toujours en trimétaphosphate soluble qui, par fusion à 640°, donne le métaphosphate liquide étudié précédemment;

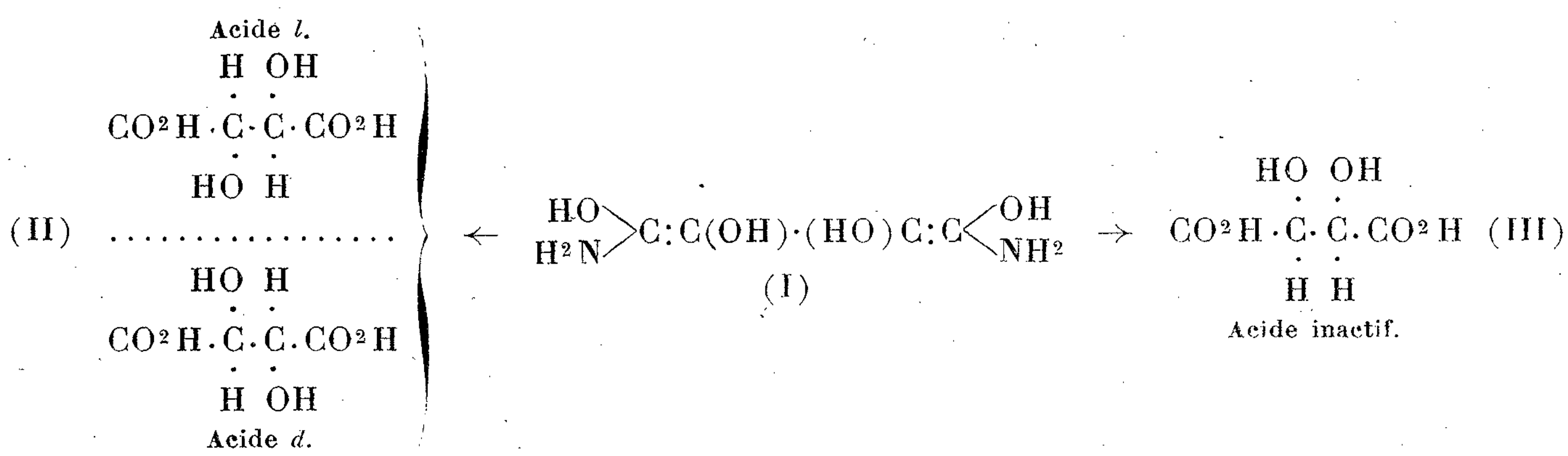
Dans le cas du potassium, au contraire, les variétés solubles (triméta, tétraméta) et le métaphosphate précipité amorphe se transforment toujours en sel insoluble de Kurrol.

### CHIMIE ORGANIQUE. — *Saponification d'amides tartriques.*

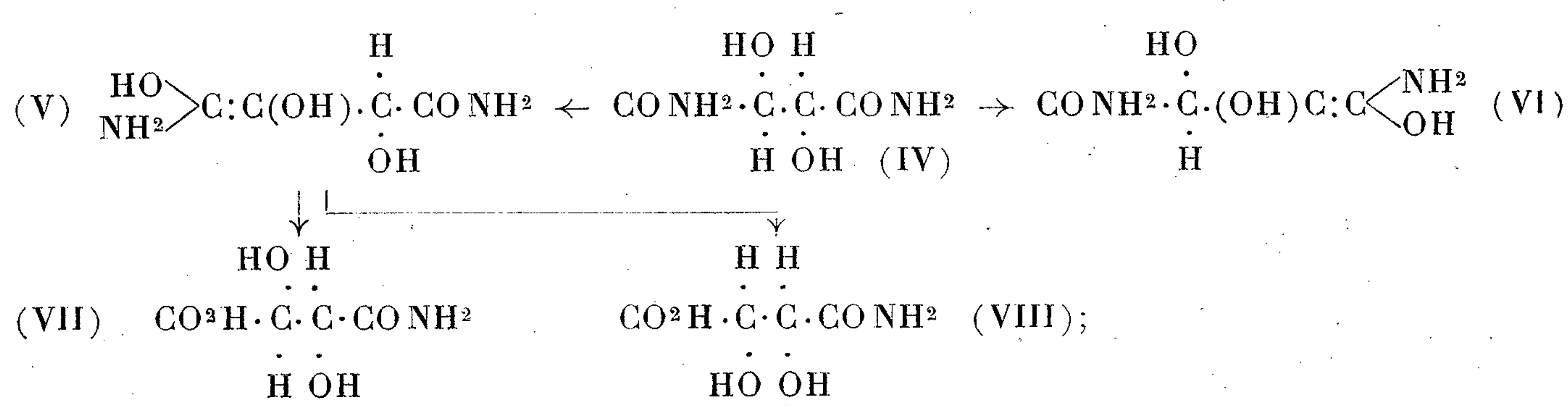
Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours d'une précédente étude sur la saponification des amides, effectuée avec M. Delépine, nous avions observé que le *d*-tartramide chauffé avec les

alcalis se transformait en un acide tartrique d'activité optique très peu inférieure à celle de l'acide pur; ceci nous amenait à conclure à l'absence de racémisation. La saponification alcaline ne pouvait se faire par l'intermédiaire d'une double forme transitoire énol-amine. Si, en effet, le passage par la forme (I), énol-amine double, avait précédé effectivement la saponification alcaline, on aurait dû récolter, après rétablissement de la forme acide, de l'acide racémique (II) et de l'acide inactif par nature (III).



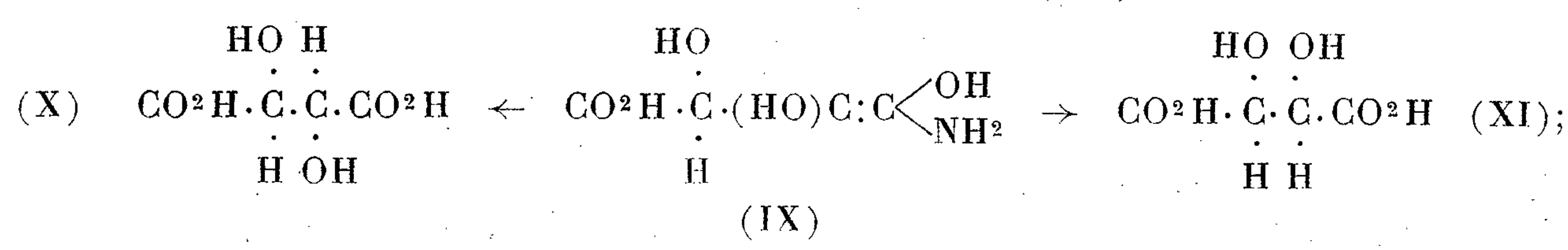
L'expérience montrant que l'acide tartrique se retrouve sans acide racémique, c'est que la saponification suit une autre voie. J'ai pensé qu'il était intéressant de reprendre le travail; d'où de nouvelles recherches qui furent guidées par la supposition que le tartramide (IV), au lieu de passer par une double énolisation simultanée (I), subit une énolisation simple (V), c'est-à-dire qu'une seule fonction est d'abord touchée, s'énolise et se saponifie, tandis que l'autre reste sous sa forme habituelle, quitte à se modifier par la suite. De la sorte, un amide tartrique actif (IV) donnera (V) et (VI), suivant que l'on suppose que c'est la fonction amide de gauche ou celle de droite, qui est touchée; en réalité, il n'y a qu'un corps, (V) et (VI) étant identiques. Mais ce corps (V), après saponification et rétablissement des schémas habituels, ne pourra donner que (VII) et (VIII) :



c'est-à-dire que, si l'on est parti du *d*-tartramide (IV), on récoltera, après saponification alcaline, de l'acide *d*-thréotartramique (VII) et de l'acide *d*-érythrotartramique (VIII), sans que puissent se former leurs antipodes et, par suite, il n'y aura pas de mono-amide racémique. Pratiquement c'est l'acide *d*-thréotartramique qui se forme dans la proportion de 98 %.

En continuant le raisonnement précédent, la deuxième fonction amide

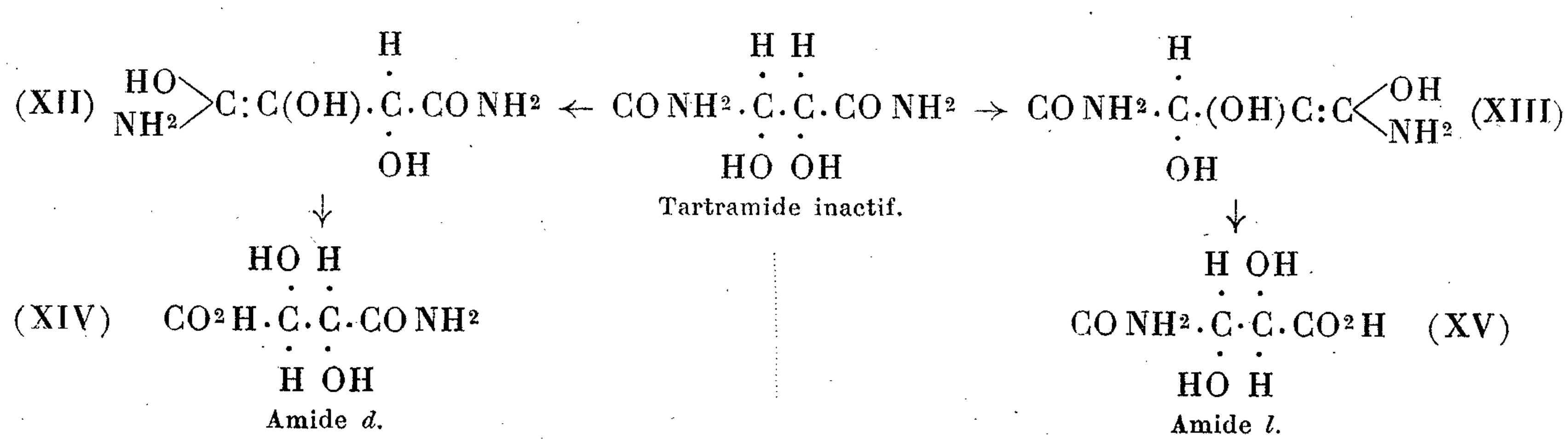
de (VII), sous l'action d'une nouvelle molécule d'alcali, passera à son tour par la forme énol-amine correspondant au schéma (IX) :




celle-ci, après saponification, conduira aux acides représentés par (X) et (XI) : acide *d*-tartrique et acide *i*-tartrique. Mais là encore, pas d'acide racémique, ce qui est d'ailleurs en parfait accord avec les faits expérimentaux.

Ainsi la non-racémisation du *d*-tartramide, au cours de la saponification alcaline, s'explique elle aussi par l'hypothèse de la forme intermédiaire énol-amine, à condition d'admettre que le carbone asymétrique qui subsiste en (IX) oriente son futur voisin d'une façon très prépondérante, selon le schéma (X), bien que la production d'acide inactif (XI) soit possible; on en a recueilli 5 % contre 95 % d'acide *d*-tartrique.

Mais si ces suppositions d'orientation prépondérante sont vraies, la saponification alcaline du tartramide inactif par nature devra fournir de l'acide racémique, comme l'indiquent les schémas ci-dessous :




Si (VII) représente l'acide *d*-thréotartramique, (XIV) lui est identique et (XV) est son image; la saponification donnera donc de l'acide *dl*-thréotartramique. L'expérience a montré qu'on obtenait finalement 20 % d'acide *dl*-tartrique (racémique); toutefois, comme le rendement n'est pas intégral, c'est que le processus ordinaire entre en concurrence avec la voie indiquée ci-dessus pour redonner de l'acide inactif.

Ceci ne gêne en rien le fait que le *d*-tartramide, puis l'acide *d*-thréotartramique conduisent à l'acide *d*-tartrique, puisque si une partie de la réaction se passe également suivant le processus ordinaire, c'est pour restituer l'acide *d*-tartrique originel, auquel vient s'ajouter celui qui résulte des passages supposés. Si ceux-ci ne sont pas nécessaires pour le cas du *d*-tartramide, ils le deviennent dans celui du *i*-tartramide, reproduisant ainsi les notions développées avec M. Delépine dans notre travail sur la saponification des amides. Ces diverses suppositions sont en complet accord avec les faits expérimentaux dont les détails ne peuvent trouver place ici. Noter que ces saponifications ont

lieu à des températures (100°) et concentrations en alcali qui ne provoquent pas la transformation des acides. La fonction amide confère donc une sensibilité spéciale, grâce à sa transformation en énol-amine.

GÉOLOGIE. — *Importance et signification paléobiologique des déserts Cambro-Siluriens.* Note [1] de M. **André Cailleux**, transmise par M. Lucien Cayeux.

Quelques exemples d'action géologique du vent ont été déjà signalés dans le Cambrien et le Silurien de Suède [2], de Léningrad [3] et d'Amérique. L'examen au binoculaire des formes et aspects des grains de grès, sur des échantillons où ils ne sont pas masqués par le ciment, m'a montré qu'il s'agit là d'une manifestation non pas sporadique, mais au contraire très constante et très accusée : en Europe, de l'Armorique à la Baltique, aussi bien qu'aux États-Unis et au Sahara, les grains ronds-mats, façonnés par le vent, s'avèrent à peu d'exceptions près, aussi abondants dans le Cambro-Silurien que dans les sables sahariens actuels, et incomparablement plus que dans le Crétacé et le Tertiaire. Le fait qu'ils coexistent souvent avec des fossiles marins est banal : on en connaît des équivalents dans la nature actuelle (fond de la mer du Nord; rivage des Landes de Gascogne); il tient simplement à ce que le façonnement éolien, une fois acquis, n'est que très lentement oblitéré par les remaniements ultérieurs dans l'eau. D'autre part, l'extrême rareté, dans le Cambro-Silurien, des grains émoussés-luisants, façonnés dans l'eau, contrastant avec leur nette prédominance au Crétacé et au Tertiaire, n'implique pas forcément que l'action de l'eau ait été particulièrement faible, mais seulement qu'elle a été largement surpassée, dans ses effets érosifs, par l'action plus puissante du vent. Ainsi la rareté des grains émoussés-luisants, comme la fréquence des ronds-mats, montrent qu'au Cambro-Silurien, contrairement au Crétacé et au Tertiaire, les plates-formes continentales ont été très généralement soumises à une intense action érosive du vent; ce qui exige qu'elles aient été dépourvues de couvert végétal protecteur. A en juger par les échantillons examinés, les actions désertiques ont d'ailleurs fort bien pu commencer avant le Cambro-Silurien et se maintenir un peu après.

Leur extension à des terres aussi éloignées les unes des autres que les boucliers baltique, canadien et saharien exclut qu'elles aient toutes relevé de conditions climatiques locales, tropicales, par exemple. Pour une partie au moins d'entre elles, d'autres causes plus générales ont dû jouer, qui n'ont pas nécessairement été climatiques; les facteurs météorologiques, tels que les précipitations, ont pu être, comme à présent, souvent propices à la végétation :

---

[1] Séance du 15 janvier 1943.

[2] A. G. Nathorst, *Öfver. K. Svenska Vetensk. Akad. Förh.*, XLII, 1885.

[3] L. Cayeux, *Comptes rendus*, **194**, 1932, pp. 1535-1537.

si les terres sont néanmoins demeurées désertiques, c'est peut-être simplement parce qu'il n'existait pas encore de flore terrestre. Nous rejoignons ainsi une hypothèse depuis longtemps émise par les paléobotanistes. On sait en effet que les plantes terrestres apparaissent pour la première fois, timidement, au Dévonien. On s'était à vrai dire demandé si leur absence dans les formations plus anciennes n'était pas une simple apparence, tenant à la rareté des documents paléontologiques. Les données d'ordre physique, beaucoup moins fragmentaires, apportées par la forme et l'aspect des grains de sable, conduisent à penser que l'absence fut bien réelle, et que les anciens continents ont été effectivement désertiques.

Le tableau ci-dessous indique comment se répartissent dans les échantillons d'Europe, Afrique et Amérique que j'ai personnellement examinés, les marques d'usure par le vent et par l'eau : on voit que l'usure par le vent, prédominante au Cambro-Silurien (65-70 %), cède le pas, au Crétacé et au Tertiaire, à une intense usure dans l'eau (80-85 %) :

| | Pourcentage des sables et grès. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Sans grains émoussés-luisants. | | Renfermant 1 à 9 % de grains émoussés-luisants. Usure dans l'eau | Renfermant 10 à 90 % de grains émoussés-luisants. Usure dans l'eau | |
| | Sans ronds-mats (ou 1 %). Pas d'usure. | Avec 2 à 95% de ronds-mats Usure par vent seul. | modérée. | intense. | Nombre d'échantillons examinés. |
| Quaternaire et actuel... | 15 | 10 | 35 | 40 | 1721 |
| Tertiaire.............. | 5 | Rares | 10-15 | 80-85 | 252 |
| Crétacé............... | 5-10 | 5 | 5-10 | 80 | 106 |
| Jurassique............ | – | – | – | Existent | 4 |
| Permo-Trias........... | 5 | 60 | 30 | 5 | 27 |
| Carbonifère........... | Existent | – | – | – | 3 |
| Dévonien.............. | – | 75 | 20 | 5 | 16 |
| Cambro-Silurien....... | 10 | 65-70 | 15-20 | 5 | 22 |
| Précambrien.......... | – | Existent | – | – | 2 |

Bien qu'ayant appliqué ici la méthode même des *causes actuelles* de Lyell, nous sommes donc conduit à imaginer, pour les déserts anciens, la possibilité de causes paléobiologiques, très différentes des causes actuelles, climatiques. Nous retrouvons ainsi, dans le domaine continental, la conclusion formulée par Cayeux ([4]) à propos du domaine marin : « Bien des causes anciennes n'ont pas leur équivalent parmi les causes actuelles » et : « Il est nécessaire de réserver une place à des causes anciennes, à côté des causes actuelles, dans l'étude des formations sédimentaires de l'écorce terrestre, si l'on veut faire appel à toutes les lumières susceptibles de nous en donner l'intelligence ».

([4]) *Causes anciennes et causes actuelles en Géologie*, Paris, 1941, p. 79.

TECTONIQUE. — *Essai d'interprétation de quelques failles complexes du Bassin de Paris.* Note de M. **René Abrard**.

Les failles du Bassin de Paris paraissent, pour la plupart, pouvoir se répartir entre deux systèmes : l'un de directions hercyniennes, modelé sur les lignes tectoniques du tréfonds ancien, l'autre rayonnant, recoupant plus ou moins orthogonalement le premier ([1]).

Parmi les principales fractures du premier genre, on peut citer celles du Bray, de la Seine, de Fontaine-Raoul; les travaux de A. de Lapparent et de G. F. Dollfus ont montré qu'elles sont dues à la rupture du flanc Nord de plis monoclinaux, bombements qui ont amené à l'affleurement après érosion le Kimeridgien dans le Bray et en face de Rouen, et le Cénomanien à Fontaine-Raoul, où l'on observe une petite « boutonnière » se prolongeant en faille vers le NW jusqu'au N de Montmirail et au SE jusqu'à Beaugency. Les autres failles tertiaires de directions hercyniennes du bassin de Paris, notamment celles de sa partie orientale, ne sont pas suffisamment étudiées pour que l'on puisse affirmer dès maintenant qu'elles proviennent de la rupture de plis monoclinaux, mais il semble bien qu'elles accompagnent des axes anticlinaux.

Ces faits sont encore plus patents dans le Nord du Bassin aquitanien et dans le détroit du Poitou, où Ph. Glangeaud et G. Mathieu ont démontré que les failles de direction armoricaine étaient dues à la rupture de plis monoclinaux, lorsqu'il ne s'agissait pas de la remise en jeu de cassures hercyniennes; le dôme de Saint-Cyprien, entre autres, ressemble beaucoup au Pays de Bray ([2]).

Toute autre paraît être la genèse des failles rayonnantes, qui se présentent presque toujours comme de simples décrochements verticaux. La très importante ligne de fractures Lurcy-Lévy-Sancerre-Montargis ne se montre liée à aucun anticlinal net et il en est de même de la double faille de la Marne, qui, d'après G. Corroy, correspondrait au contraire à une zone synclinale, d'ailleurs très atténuée, arrêtant certains plis hercyniens et en abaissant d'autres. Le champ de fractures entre Morvan et Loire, que l'on peut rattacher, du moins en partie, au système rayonnant, montre des voussoirs tantôt surélevés, tantôt effondrés, et aucun pli, rompu ou non, ne peut y être décelé.

Il est donc permis de dire que les plus caractérisées des failles orientées suivant le modelé hercynien résultent de la rupture d'axes monoclinaux, tandis que les principales failles rayonnantes sont de simples décrochements verticaux, consécutifs à un froncement périphérique, les cassures ayant devancé la formation de plis bien marqués et l'ayant empêchée. Ce froncement

---

([1]) *C. R. som. Soc. Géol. France,* 1943, p, 65-67.

([2]) *Bull. Serv. Carte géol. France,* XI, n° 70, 1899, p. 35.

s'observe cependant bien, suivant le cinquième pli de Hébert, axe de l'Huisme de Dollfus, mais il n'est pas monoclinal, et A. Bigot (*Géologie de la Basse-Normandie*, p. 68, 1942) ne le considère que comme un voussoir faillé le long de son flanc Nord (faille rayonnante Écommoy-Nogent-le-Rotrou).

La combinaison des deux systèmes permet d'expliquer des failles complexes en ligne brisée, telles que celles de Mortagne et de Bellême-Perseigne, qui traduisent un conflit entre deux directions, de petits champs de fractures s'observant aux points de rebroussement, au SW de Mortagne et à l'W de Bellême. Ainsi que l'a dit L. Dangeard ([3]), on doit, de plus, tenir compte du fait que les plis hercyniens ont dans cette région une orientation varisque. Il faut noter un certain parallélisme entre les deux accidents qui délimitent une zone abaissée, et une tendance à l'alignement WE de certains tronçons, résultante de poussées orthogonales s'étant exercées en même temps. A la partie occidentale du second accident, l'une des failles de Perseigne paraît due à la remise en jeu d'une rupture hercyniennne (A. Bigot, *loc. cit.*, p. 69).

Dans le centre et l'Est du Bassin de Paris, les failles de Brévonne, de l'W de Soulaines, de Germay, de Gondrecourt-Germisy, sont de direction SW-NE, mais en ces points elles ne représentent nullement les lignes hercyniennes du substratum ancien, presque WE, et sont peut-être dues à la propagation, à partir de la zone bordière sud-orientale, d'une onde de cassure lui étant parallèle et n'ayant affecté que la couverture secondaire. Leur étude de détail n'a pas été entreprise, et il est difficile de dire si elles sont, ou non, liées à des ondulations; celles-ci seraient très faibles et n'auraient rien de commun avec des axes monoclinaux rompus.

Un fait intéressant est que, dans sa partie sud, après le rebroussement de Joinville, la double faille de la Marne cesse d'être subméridienne, pour, en direction de Ferrières et de Blécourt, devenir exactement parallèle à celles de Germay et de Gondrecourt. De toute évidence, les deux tronçons sont contemporains, montrant la simultanéité de la formation des fractures rayonnantes et de la remise en mouvement du tréfonds hercynien probablement consécutif à la principale phase orogénique alpine.

En Lorraine, on trouve un bel exemple de la combinaison des deux systèmes rayonnant et varisque par les deux failles NW-SE, Solgne-SW de Delme et E de Luppy-W de Tincry, barrées à angle droit et réunies vers leurs extrémités nord par la faille Solgne-SW de Luppy.

Un certain nombre de fractures semblent ne pas rentrer dans le cadre de l'un ou l'autre système; parmi elles, celle du N de Trannes à Andelot, presque W-E, est peut-être la résultante des deux mouvements de poussées perpendiculaires qui sont à leur base.

---

([3]) *Bull. Soc. géol. France*, 5e série, 8, 1938, p. 265-266.

MÉTALLOGÉNIE. — *Découverte de minéraux nickélifères dans le filon plombo-argentifère de Pontpéan (Ille-et-Vilaine).* Note (1) de M. **Henri Vincienne.**

L'étude au microscope de sections polies de minerais, provenant du filon plombo-argentifère de Pontpéan et conservés dans les collections de l'École des Mines, m'a permis d'y déceler la présence de nickel, qui n'avait pas encore été signalé dans ce gisement.

Le filon de Pontpéan a déjà fait l'objet de multiples études, notamment de Fayn, Fuchs, Lebesconte, Lodin, L. De Launay. M. A. Lacroix, dans la *Minéralogie de la France*, en a décrit les minerais métalliques, galène, blende, pyrite, marcasite, et s'est étendu sur les curieuses pseudomorphoses auxquelles a donné lieu la pyrrhotine du gisement.

Ce filon est situé sur le bord méridional du bassin tertiaire de Rennes, à $10^{km}$ au Sud de cette ville. Orienté presque Nord-Sud, plongeant très fortement vers l'Est, large en moyenne de 2 ou $3^{m}$, reconnu sur $1400^{m}$ en direction et $550^{m}$ en profondeur, il incruste une fracture nette dans les Schistes de Rennes (Précambrien) et est accompagné au toit par un dyke de diorite altérée dans lequel il pénètre en profondeur et qui représente la forme première du remplissage de la fracture. D'âge probablement hercynien, il a rejoué à l'époque tertiaire et a été disloqué, selon son plan, par une faille post-miocène, appelée par les mineurs *la glaise bleue*, qui a provoqué la formation de brèches et amené le remplissage filonien au contact des terrains miocènes du bassin tertiaire.

Dans les échantillons de l'École des Mines, les minéraux de nickel sont contenus dans des remplissages de calcite, injectant des schistes noirs, graphiteux et luisants, écrasés ou froissés, rappelant tout à fait les salbandes filoniennes. L'aspect de ces remplissages est bréchique : outre les débris du schiste noir, la calcite enrobe des fragments, de petite dimension, d'une roche éruptive complètement altérée, dérivant probablement de la diorite. Elle est accompagnée d'un peu de fluorine et renferme de rares noyaux de galène, de la chalcopyrite en grains fins ou veinules, des enduits d'argent natif, d'argyrose et d'argent rouge; ces différents minerais métalliques peuvent d'ailleurs imprégner directement le schiste froissé.

Les minéraux de nickel remplissent de très fines fissures de la calcite; d'éclat métallique et à reflets par places violacés; ils sont à peine observables à la loupe et n'ont pu être identifiés qu'au microscope par leurs propriétés en lumière réfléchie. Ils consistent en *breithauptite* (antimoniure de nickel), nettement distincte de la nickéline par ses colorations et son polychroïsme en lumière naturelle, et en un terme de la série continue safflorite-rammelsbergite-

(1) Séance du 8 mars 1943.

löllingite, que la faiblesse de ses effets d'anisotropie permet d'identifier comme de la *rammelsbergite* (arséniure de nickel). L'analyse partielle du minerai a confirmé ces déterminations, notamment la dernière, et a donné : *nickel* 0,208 %, *cobalt* 0,004 %, montrant donc une infime proportion de cobalt par rapport au nickel.

Bien que la situation exacte de ces brèches nickélifères dans le gisement ne soit pas précisée sur les étiquettes qui accompagnent les échantillons, l'existence d'éléments empruntés à la diorite paraît indiquer qu'elles sont vers le toit du filon.

C'est la seconde fois que des minéraux cobalto-nickélifères sont signalés dans les gisements bretons : M. A. Lacroix a déjà mentionné, en effet, d'après une Note de Cavillier parue en 1787, que la smaltine, avec érythrine, annabergite et probablement chloanthite, a été trouvée, accompagnée de galène, de blende et d'une gangue quartzeuse, à Chatelaudren (Côtes-du-Nord), donc dans un district auquel se rattachent les filons de Trémuson et de la Ville-Ahlen.

La présence de minéraux de nickel, avec traces de cobalt, dans le gisement de Pontpéan, rapproche celui-ci des *filons cobalto-argentifères* des classifications métallogéniques et le place à côté d'autres filons argentifères du groupe BGP, où ont été signalés des minéraux de nickel et de cobalt, notamment à côté des filons de Chatelaudren (Côtes-du-Nord), Pontgibaud (Puy-de-Dôme), La Beaume près de Villefranche (Aveyron), Ceilhes (Hérault), Le Chazelet près de La Grave (Hautes-Alpes), Ar (Basses-Pyrénées), La Carolina (Espagne), Sanct-Andreasberg (Harz), Freiberg (Saxe), Przibram (Bohême), Sarrabus et Flumini Maggiore (Sardaigne), Laurion (Grèce), Ikouno (Japon). Il est probable que les études au microscope de sections polies de minerais permettront d'allonger cette liste. L'association si fréquente du cobalt et de l'argent, avec nickel accessoire, passe donc des gisements classiques, où figurent souvent des métaux, tels que le bismuth et l'uranium, encore voisins de l'étain, aux filons hydrothermaux moins profonds du type BGP. Du fait de sa large répartition verticale, cette association ne semble donc pas pouvoir caractériser un groupe bien individualisé de filons.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de fructosanes dans les Borraginées.* Note de MM. **Henri Belval** et **Lucien Evin**, présentée par M. Marin Molliard.

La famille des Borraginées compte parmi les plus riches en espèces officinales; l'abondance des mucilages leur confère des propriétés adoucissantes bien connues de la médecine populaire. On ne sait rien des glucides qui accompagnent ces substances. Nous avons voulu combler cette lacune.

La grande Consoude (*Symphytum officinale*), qui fait surtout l'objet de ces

premières recherches, est une plante vivace dont la racine pivotante, charnue, recouverte d'une écorce noirâtre, très riche en matières mucilagineuses, peut atteindre jusqu'à $35^{cm}$ de longueur. L'épuisement par l'eau, ou même par l'alcool faible, fournit des liqueurs épaisses et visqueuses, mais on les défèque facilement par l'extrait de Saturne.

Récoltées en février, avant la reprise de la végétation, les racines renferment, pour $100^g$ de poids frais, $7^g$ environ de glucides, dont 0,15 de sucres réducteurs, 1,70 de saccharose, le reste consistant en produits hydrolysables. La rotation initiale est *lévogyre* malgré la faible proportion de sucres réducteurs; elle le devient davantage encore après saccharification par les acides, les pouvoirs rotatoires passant alors de $-20^\circ$ à $-74^\circ$. Cela seul suffirait pour conclure à coup sûr à la présence de substances lévogyres, de fructosanes, libérant du fructose, exclusivement ou presque, sous l'action des acides. L'allure de l'hydrolyse diastasique ne fait que confirmer ces vues; en utilisant un autolysat de levure inactif sur l'inuline, on observe les phénomènes suivants : pendant les deux ou trois premières heures, la rotation vers la gauche s'accentue rapidement en même temps qu'augmente la proportion de réducteur; l'indice de réduction enzymolytique se situe alors au voisinage de 600; par la suite, l'action de la sucrase se ralentit et se poursuit pendant des semaines tandis que l'indice de réduction ne cesse de croître jusqu'à des valeurs de l'ordre de 1000. C'est ce qui a lieu chaque fois que le saccharose est accompagné de substances du groupe des fructosanes tributaires de la sucrase; dans ce cas, la phase rapide est celle de l'inversion du saccharose.

Aux proportions près, variables évidemment suivant les espèces et surtout suivant les saisons, les quelques Borraginées vivaces que nous avons examinées, Pulmonaire, Cynoglosse, Buglosse, présentent une composition glucidique analogue. Par contre le Myosotis, annuel, ne renferme pas trace de substance lévogyre. C'est d'ailleurs la règle : les Composées annuelles sont elles aussi dépourvues d'inuline.

Les fructosanes de la Consoude sont en février au nombre de deux au moins : l'une, qui fournit avec la baryte un complexe insoluble, se sépare facilement et a comme pouvoirs rotatoires, avant et après hydrolyse, $-35^\circ$ et $-86^\circ$ environ; l'autre, dont le complexe barytique est soluble, a été retirée des premières fractions précipitées par l'alcool; ses pouvoirs rotatoires, voisins de $-26^\circ$ et $-71^\circ$ avant et après action des acides, la distinguent suffisamment de la précédente. Toutes les deux se transforment lentement au contact de la sucrase. Quant aux dernières fractions, de moins en moins lévogyres, elles contiennent encore des fructosanes qu'il n'a pas été possible de séparer du saccharose.

On rapprocherait volontiers de l'inuline le premier de ces glucides lévogyres, mais sa solubilité dans l'eau l'en écarte sans conteste; il s'agit donc d'une substance originale, nouvelle peut-être dans le groupe des fructosanes, en tout cas jamais signalée encore dans les Dicotylédones, où les seules familles à

fructosanes, Malpighiacées, Composées et Campanulacées, sont inulifères. Le second n'est pas sans analogies avec des substances déjà connues; on ne saurait préciser pour le moment s'il constitue un principe indépendant ou un simple satellite du premier.

Ainsi les Dicotylédones comprennent une nouvelle famille de plantes à fructosanes, famille bien différente des autres par la nature des glucides lévogyres, du principal tout au moins.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Action de l'aneurine sur les cultures de racines et sur les cultures de tissus de Carotte.* Note [1] de M. **Pierre Nobécourt**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons indiqué [2] que nous cultivons depuis 1937, des tissus de Carotte sur le milieu dont nous avons publié la composition précédemment [3]. Le fait que la prolifération se poursuit de façon satisfaisante depuis près de six ans sur ce milieu, qui est dépourvu d'aneurine (vitamine $B_1$ ou thiamine), prouve que cette substance n'est pas indispensable. Mais on peut se demander si l'aneurine, signalée comme étant, dans certains cas, un facteur de croissance, peut remplacer l'acide indol-acétique dans notre milieu de culture.

Nous avons donc effectué l'expérience suivante : Sur des cultures de la souche de tissus de Carotte que nous entretenons depuis le 6 septembre 1937 sur notre milieu à l'acide indol-acétique et au chlorhydrate de cystéine, nous avons prélevé huit fragments pesant au total $100^{mg}$ et les avons ensemencés sur ce milieu dans lequel les substances ci-dessus étaient remplacées par de l'aneurine à la dose de $2^{mg}$ par litre; l'aneurine étant contenue uniquement dans la partie liquide du milieu de culture, liquide qui est stérilisé par filtration sur bougie, ce qui évite toute altération par la chaleur. Au bout de trois mois les huit cultures pesaient ensemble $180^{mg}$, ce qui donne un rapport d'accroissement de 1,80 seulement, et elles avaient un aspect brunâtre indiquant qu'elles se nécrosaient. Huit cultures témoins furent faites simultanément à partir des mêmes cultures mères, sur notre milieu primitif. Leur poids total initial était de $105^{mg}$; au bout de trois mois, leur poids final était de $1914^{mg}$, soit un rapport d'accroissement de 18,23; elles avaient un aspect florissant et continuaient visiblement à proliférer.

Cette expérience établit que l'aneurine ne peut pas remplacer l'acide indol-acétique dans le milieu de culture que nous utilisons pour les tissus de Carotte.

Cependant P. R. White a montré [4] que des tissus provenant de tiges

(1) Séance du 31 mai 1943.

(2) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 376.

(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 521, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 85, 1938, p. 183.

(4) *Amer. Journ. Bot.*, 26, 1939, p. 59; *Science*, 94, 1941, p. 239.

d'un *Nicotiana* et d'*Helianthus annuus* peuvent être cultivés sur un milieu dépourvu d'acide indol-acétique, à base d'extrait de levure (riche en aneurine) ou simplement à base d'aneurine et de glycine. Nous avons donc essayé également de cultiver les tissus de Carotte sur ces deux sortes de milieux, préparés rigoureusement selon les formules du savant américain.

Sur le milieu à l'extrait de levure, quatre fragments pesant au total $76^{mg}$ donnèrent des cultures pesant au bout de trois mois $180^{mg}$, soit un rapport d'accroissement de 2,43; sur le milieu à l'aneurine-glycine, quatre fragments pesant ensemble $70^{mg}$ donnèrent des cultures d'un poids final de $153^{mg}$, au bout du même laps de temps, soit un rapport d'accroissement de 2,18.

Ainsi les tissus de Carotte ne prolifèrent que d'une façon insignifiante sur ces milieux où ils finissent par se nécroser. Ces tissus se comportent donc d'une manière très différente des tissus de *Nicotiana* et d'*Helianthus*, et, pour eux, l'aneurine, même additionnée de glycine, ou sous forme d'extrait de levure, ne peut remplacer l'acide indol-acétique.

Or les cultures de tissus de Carotte, qui, sur notre milieu à l'acide indol-acétique, se présentent sous l'aspect d'un agrégat de mamelons morphologiquement indifférenciés, donnent parfois naissance à des racines différenciées qui peuvent se développer considérablement tant qu'elles restent attachées aux mamelons qui les ont produites. Mais, si on les sépare de ces mamelons, elles cessent bientôt de s'accroître, ce qui indique que le milieu, dépourvu d'aneurine, est impropre à leur culture. Ceci cadre avec les résultats obtenus par Robbins et Bartley Schmidt ([5]) qui ont montré que l'acide indol-acétique ne peut remplacer l'aneurine pour la culture des racines de Tomate. Le fait que les racines de Carotte peuvent s'accroître tant qu'elles sont adhérentes aux mamelons d'où elles sont issues, s'explique facilement parce que ces mamelons sont, nous l'avons démontré précédemment ([6]), capables de synthétiser l'aneurine.

Par contre nous avons constaté qu'en plaçant ces racines de Carotte isolées dans du liquide de Knop glucosé additionné des éléments oligodynamiques habituels et d'aneurine à la dose de $1^{mg}$ par litre, le développement se poursuit indéfiniment. Nous en possédons des cultures qui s'accroissent depuis plus de quatre ans. Ce résultat est à rapprocher de ceux de White, qui a cultivé des racines de Carotte sur son milieu au saccharose et à l'extrait de levure ([7]).

D'autre part il arrive parfois que, sur les racines que nous cultivons, se forment de petits mamelons chlorophylliens. Ces mamelons, repiqués sur notre milieu à l'acide indol-acétique, s'y développent en donnant des cultures de tissus morphologiquement indifférenciées.

---

([5]) *Bot. Gaz.*, **99**, 1938, p. 671.
([6]) *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 530.
([7]) *Amer. Jour. Bot.*, **25**, 1938, p. 348.

Donc, non seulement les cultures de tissus peuvent donner naissance à des cultures d'organes (racines), mais, inversement, les cultures de racines différenciées peuvent parfois être l'origine de cultures de tissus morphologiquement indifférenciées, chacune de ces sortes de cultures ayant ses exigences particulières : les cultures de tissus de Carotte ayant besoin d'acide indol-acétique et les cultures de racines ne pouvant se perpétuer qu'en présence d'aneurine.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des polyols sur la solubilisation des protéines en milieu organique.* Note (1) de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jacques Duclaux.

I. J'ai signalé les propriétés dissolvantes que possèdent les premiers termes des acides aliphatiques vis-à-vis des protéines (2). Ils permettent d'obtenir des solutions vraies où, malgré l'acidité du milieu, la dénaturation ne semble pas totale (3). Dans cette solubilisation, l'ionisation du solvant semble être le facteur principal.

L'expérience montre que les polyols, en particulier le glycol, permettent également de préparer des solutions organiques de protéines. Contrairement aux acides précédents, les polyols se prêtent mal à la dissolution directe des protéines desséchées; mais introduits dans une solution aqueuse de protéines, ils entraînent la disparition des réactions de précipitation (par l'alcool, l'acétone, l'acide trichloracétique, l'acide picrique etc.). La dilution par l'eau entraîne aussitôt le retour des précipitations usuelles. Par exemple, $1^{cm^3}$ d'une solution aqueuse d'ovalbumine à 5 % est additionnée de $500^{cm^3}$ de glycol. La solution supporte alors l'addition de $2^g$ d'acide trichloracétique. Vient-on à diluer par de l'eau? la précipitation se produit aussitôt.

II. Contrairement à ce qui se passe avec les acides aliphatiques, la constante diélectrique du milieu protéique est notablement abaissée par l'introduction des polyols. Il en résulte une modification de la dissociation de la protéine, avec prédominance de la forme zwitterion, comme Jukes et Schmidt (4) l'ont montré pour les solutions alcooliques.

Pourtant l'abaissement de la constante diélectrique n'est pas un facteur suffisant pour permettre la solubilisation des protéines, puisque des solvants possédant une faible constante, tels que le dioxane (D 2, 2), sont au contraire d'énergiques agents de précipitation.

De fait le pouvoir solvant semble lié à l'existence de plusieurs fonctions

---

(1) Séance du 17 mai 1943.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, pp. 1391 et 1477.

(3) J.-J. Pérez, P. Grabar et J. Loiseleur, *Ann. Inst. Pasteur*, **68**, 1942, p. 428.

(4) *J. Biol. Chemistry*, **105**, 1934, p. 354.

alcooliques sur la même molécule ([5]) en exigeant en même temps la présence de groupes polaires compatibles avec ceux du protéide. Cette hypothèse est appuyée par le fait qu'au point isoélectrique, c'est-à-dire au moment où le nombre des groupes ionisables libres est minimum, la stabilité de la solution diminue et l'on peut assister à la floculation du protéide. Il suffit de ramener la réaction de part et d'autre du point isoélectrique pour solubiliser la protéine. Ce fait est l'indice de la formation d'une association moléculaire entre la protéine et le polyol. Le schéma le plus satisfaisant est d'imaginer une couche de polyol orientée autour de la molécule protéique.

Il en résulte deux procédés pour préparer une solution organique de protéines : l'un, à l'aide des acides aliphatiques, correspond à la combinaison chimique de l'acide avec la protéine; l'autre, avec les polyols, fait appel à une association physique du polyol avec la protéine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les pyrophosphatases. Caractères différentiels et classification des pyrophosphatases isodynames.* Note ([1]) de MM. **Jean Roche**, **Nguyen-van Thoai** et M[lle] **Jacqueline Durand**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les caractères des pyrophosphatases sont moins bien définis que ceux des phosphomonoestérases, et l'on n'a pu, de ce fait, établir jusqu'ici une classification satisfaisante de ces enzymes. Comme des différences dans le pH optimum d'action et dans la sensibilité à des activateurs ou à des inhibiteurs ont rendu possible la distinction entre quatre phosphomonoestérases isodynames (Munemera; Folley et Kay), on pouvait espérer classer les pyrophosphatases en se basant sur les mêmes critères d'individualité. Nous nous sommes attachés à l'établissement d'une classification de ces enzymes, considérant qu'elle doit, d'une part, préciser leur spécificité, et, d'autre part, constituer l'étape de l'étude préliminaire à celle de leur constitution.

Dans une première série de recherches, nous avons mis en évidence dans le foie, l'intestin, le rein, trois pyrophosphatases isodynames, dont les pH optimum d'action sont respectivement égaux à 3, 6-4, 0, à 5, 0-5, 6 et à 7, 8-8, 4, soit à des pH voisins de ceux auxquels les phosphoestérases des mêmes organes exercent leur action optima. Les caractères des enzymes du foie, du rein, de l'intestin présentent certaines différences; leurs pH optimum respectifs ne sont pas identiques et l'activité relative des trois enzymes à ceux-ci est plus ou moins grande, de même que leur stabilité. Signalons par ailleurs que le carac-

---

([5]) On peut rapprocher ici le fait que la présence de plusieurs fonctions alcool confère à une molécule aliphatique (glycérine, acide tartrique) des propriétés solvantes particulières.

([1]) Séance du 21 juin 1943.

tère lyo- ou desmo-enzymatique est lié à la nature de l'organe étudié et non à un type de pyrophosphatase déterminé.

*La présence de trois pyrophosphatases isodynames est constante dans les divers organes animaux étudiés, mais elle ne se manifeste que dans des conditions bien définies.* Elle peut être mise en évidence soit en faisant varier le mode d'extraction (autolyse plus ou moins intense), soit en réalisant l'hydrolyse enzymatique en la présence ou en l'absence d'activateurs spécifiques. Ainsi l'emploi du couple : cystéine + ion $Fe^{++}$, fortement activateur à pH 7,4, faiblement à pH 5,6 et sans action aux pH inférieurs à 5,0, permet de déceler l'existence simultanée de trois pyrophosphatases dans le foie. Ces enzymes sont présents dans de très nombreux tissus animaux et végétaux, comme l'ont montré nos observations et celles, ne portant en général que sur l'une des pyrophosphatases, de Bauer, de Fleury et Courtois, de Giri, de Munemura, de Nguyen-van Thoai.

Aux différences de pH optimum d'action correspondent des caractères d'activation et d'inhibition propres à chaque enzyme. A cet égard, nous avons établi une distinction très nette entre les pyrophosphatases *acides* et les pyrophosphatases *alcalines*. Dans des extraits d'organes soumis à une dialyse prolongée dans des conditions de pH telles que la dissociation spontanée des enzymes en apophosphatase et cophosphatase est réduite au minimum, la *pyrophosphatase* alcaline *est activée à* pH 7,4-8,4 *par les ions de métaux divalents :* $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $Mn^{++}$, $Fe^{++}$, $Zn^{++}$, *tandis que les pyrophosphatases* acides *sont insensibles aux mêmes ions métalliques au-dessous de* pH 5,0, *à ceci près que* $Fe^{++}$ *est inhibiteur dans cette zone de* pH ([2]).

Dans le cas des pyrophosphatases *alcalines*, les pourcentages d'activation par ces ions sont très différents d'un organe à l'autre. Le foie fournit les préparations les plus fortement activables; les extraits de muqueuse intestinale sont beaucoup moins sensibles et les préparations rénales, particulièrement celles obtenues par la technique d'Albers, ne le sont presque pas. Ces différences tiennent sans doute à l'affinité particulière de chaque apoenzyme spécifique d'un organe pour les ions métalliques, ou à l'aptitude propre de chaque apoenzyme à modifier les propriétés catalytiques de ces ions.

*En résumé*, il existe dans les organes animaux trois types de pyrophosphatases isodynames, dont le pH optimum d'action et les caractères d'activation et d'inhibition sont particuliers. En outre, les pyrophosphatases des divers types présentent, selon leur origine, des différences de sensibilité aux modificateurs de l'action enzymatique tenant probablement à la nature des apoenzymes protéiques propres à chaque organe.

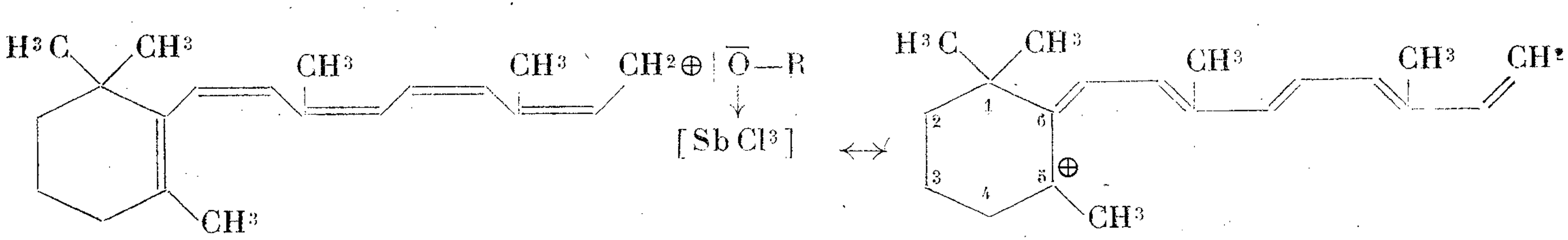
---

([2]) De nouvelles recherches, actuellement en cours, sont nécessaires pour préciser si l'activation des pyrophosphatases par les métaux est susceptible de présenter un caractère additif ou concurrentiel, comme tel est le cas pour certains d'entre eux considérés en tant qu'activateurs de la phosphomonoestérase *alcaline* (Cloetens, Massart et Dufait).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution de la vitamine A, dite cyclisée.* Note de MM. **Paul Meunier**, **Raymond Dulou** et M^lle **Andrée Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

En 1932 [1], l'on a reconnu que la vitamine A, traitée par l'acide chlorhydrique en milieu alcoolique, subit une transformation, traduite essentiellement par l'apparition d'une structure fine, dentelée, de la courbe d'absorption ultraviolette, succédant à la bande unique de l'axérophtol. Cette modification spectrale évoqua l'idée d'une *cyclisation*, et, depuis cette date, le produit d'un traitement quelconque de la vitamine A est appelé *vitamine A cyclisée*, si son spectre d'absorption présente trois bandes à 345, 368 et 390 mμ, et s'il donne encore la réaction de Carr et Price. Mais aucune formule n'a été suggérée pour ce composé, si ce n'est par Heilbron et ses collaborateurs [2], dont l'hypothèse d'une structure hydronaphtalénique substituée n'a d'ailleurs jamais été retenue. En 1940, Embree et Schantz [3], après avoir indiqué que la vitamine $A_2$ est susceptible de fournir par *cyclisation* le même produit que la vitamine $A_1$, ne proposent aucune formule pour ce composé, décelé seulement par son spectre. Le fait que ce même corps apparaît également au cours du traitement de la vitamine A par le $SbCl^3$ [1] nous a engagés à chercher dans le mécanisme même de la réaction de Carr et Price, que l'un de nous vient d'interpréter [4], une hypothèse sur la constitution de la vitamine A dite cyclisée.

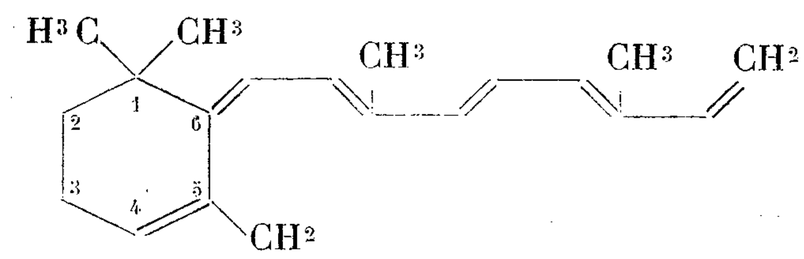
Tant que dure la réaction colorée, la molécule d'axérophtol est le siège d'une mésomérie intense entre les deux formules limites suivantes :



l'une (celle de gauche), où les cinq doubles liaisons conjuguées sont dans la position primitive, l'autre (celle de droite), où celles-ci sont décalées d'un chaînon carboné. Lors de l'introduction d'un solvant donateur d'électrons qui fait cesser cette mésomérie et la réaction colorée, la molécule libérée sous ce dernier état est instable et l'on peut supposer qu'elle va reprendre sa neutralité électrique en perdant un proton du carbone stable 4. Ce dernier sera repris par l'anion $—\overline{O}—R$ encore disponible. On obtiendrait ainsi un carbure

[1] Edisbury, Gillam, Heilbron et Morton, *Bioch. Journ.*, 26, 1932, p. 1164.
[2] Heilbron, Morton et Webster, *ibid.*, p. 1194.
[3] *Journ. of Biol. Chem.*, 132, 1940, p. 619.
[4] P. Meunier, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 470.

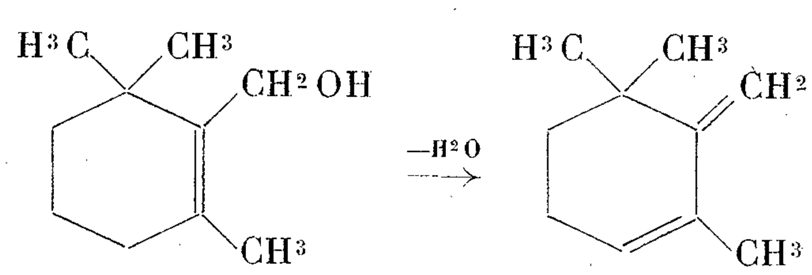
d'hydrogène à 6 doubles liaisons conjuguées




*Nous considérons ce carbure comme la vitamine* A, *dite cyclisée* (*qui n'est alors que la vitamine déshydratée*), pour les raisons qui suivent :

*a.* On connaît déjà, parmi les caroténoïdes, un corps à six doubles liaisons conjuguées, la dihydro-α-crocétine, dont les bandes d'absorption ultraviolette sont extrêmement voisines de celles de la vitamine A, dite cyclisée, soit 386, 365 et 347 mμ dans le chloroforme (⁵).

*b.* Nous avons appliqué à un concentré de vitamine A (insaponifiable de foie de requin) la méthode qui a permis à R. Kuhn et Hoffer (⁶) d'obtenir un diène par déshydratation du β-cyclo-géraniol :




La bromuration par $PBr^3$, puis le traitement par KI en solution acétonique fournit par extraction éthérée un produit en tous points identique à la vitamine A, dite cyclisée par ses propriétés spectrales et sa réaction au trichlorure d'antimoine. La méthode de Zéréwitinoff indique une perte importante d'hydrogène actif (alcoolique) au cours de cette opération. Enfin l'ozonisation fournit une quantité appréciable de formol, provenant du méthylène terminal et identifié par la recoloration du réactif de Grosse-Bohle et le haut point de fusion de son précipité dimédonique (au-dessus de 170°).

La genèse chimique de la vitamine $A_1$, dite cyclisée, que nous venons d'établir, permet d'interpréter de façon identique la prétendue cyclisation de la substance dite *vitamine* $A_2$ à partir de la nouvelle formule proposée pour celle-ci par Karrer et ses collaborateurs (⁷). Là encore on obtient par déshydratation un produit à 6 doubles liaisons conjuguées, dont on s'explique alors que les propriétés spectrales soient identiques à celles de la vitamine $A_1$ dite *cyclisée* [cf. (³)].

Pour les substances ainsi dénommées, nous proposons le nom d'*axérophtène* qui ne fera pas état d'une cyclisation qui n'intervient pas.

---

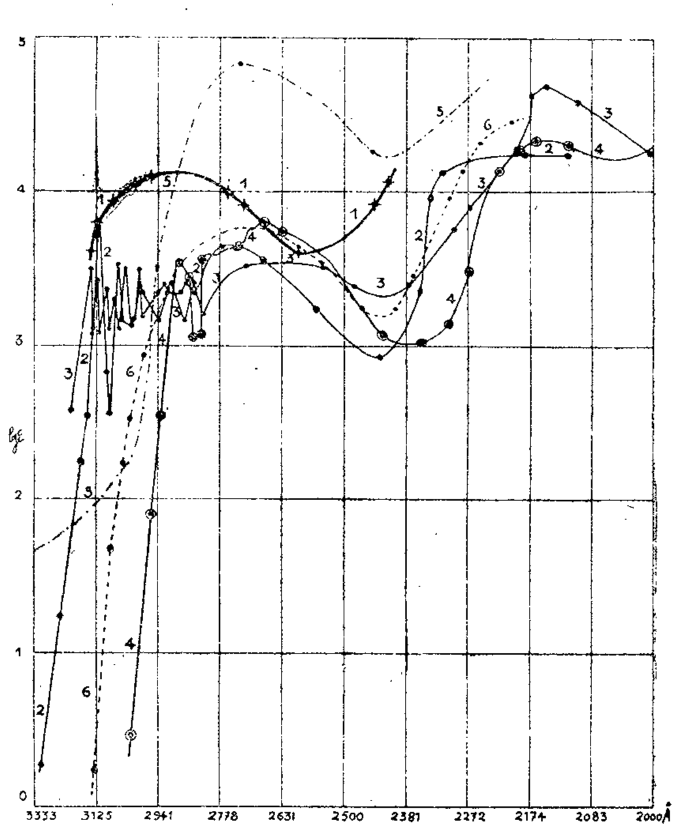
(⁵) Voir R. A. MORTON, *The application of absorption spectra*, 1 vol., Londres, 1935.
(⁶) *Ber. d. D. Chem. Ges.*, 67, 1934, p. 357.
(⁷) P. KARRER, GEIGER et BRETSCHER, *Helv. Chim. Acta*, 24 E, 1941, p. 161.

CHIMIE PHARMACEUTIQUE. — *Sur le spectre d'absorption ultraviolet de l'ibogaïne.* Note (¹) de MM. **Vincent Brustier**, **Daniel Vincent** et Mlle **Irène Sero**.

Les premières recherches chimiques sur les principes actifs de *Tabernanthe iboga* Baill. (Apocynacées) ont été publiées presque en même temps par Dybowski et Landrin (²) d'une part, par Haller et Heckel (³) d'autre part; ils en retirèrent un alcaloïde, nommé *ibogaïne* par les uns, *ibogine* par les autres, auquel ils attribuèrent les formules brutes $C^{26}H^{33}N^{3}O$ et $C^{26}H^{33}N^{2}O^{2}$.

Il nous a paru intéressant d'essayer d'apporter quelques éclaircissements sur la constitution moléculaire de cet alcaloïde par l'étude de son spectre d'absorption U. V.

Nous avons examiné successivement les spectres d'absorption U. V. de l'ibogaïne cristallisée (extraite et purifiée par nous) et d'une ibogaïne cristallisée provenant du laboratoire de Pharmacologie de la Faculté de Médecine de Paris, en utilisant des solutions N/1000 et N/10000 dans l'alcool absolu (⁴).




1, ibogaïne; 2, quinoléine (H. Fischer); 3, isoquinoléine (H. Fischer); 4, indol (H. Fischer); 5, tryptophane (Castille); 6, yohimbine (H. Fischer).

Ces deux ibogaïnes cristallisées ont un spectre absolument identique, qui présente une bande dans l'U. V. moyen, d'une largeur de 380 Å (convention-

(¹) Séance du 16 juin 1943.
(²) *Comptes rendus*, **133**, 1901, p. 748.
(³) *Comptes rendus*, **133**, 1901, p. 850.
(⁴) PF 148-150°; pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$ −48°,38′.

nellement, nous définissons la largeur d'une bande par les longueurs d'onde limitant deux points où le coefficient d'extinction est approximativement la moyenne arithmétique de la somme des valeurs des coefficients maximum et minimum) : elle s'étend de λ 2710 Å à λ 3090 Å. Son maximum est situé à λ 2950 avec une valeur de ε 13885; son minimum correspond à 2560 Å pour une valeur de ε 4102. A partir de 2500 Å l'absorption paraît unilatérale, à moins qu'il n'y ait l'amorce d'une bande très large dont le maximum très élevé serait situé dans l'U. V. lointain que nous ne pouvons enregistrer dans les conditions de notre expérience.

En vue de l'interprétation, l'examen du spectre ainsi défini suggère les deux observations suivantes : d'une part, ce spectre rappelle de façon frappante celui de la quinoléine, dont il représente une simplification; d'autre part, en raison de réactions chimiques, on est autorisé à le rapprocher des spectres de l'indol et du tryptophane.

1° Le spectre de l'ibogaïne apparaît comme une simplification de celui de la quinoléine ou de l'isoquinoléine.

Les bandes fines ou étroites et large de ces deux substances étant fusionnées dans le spectre de l'ibogaïne en une seule bande large.

Si le maximum d'intensité et le minimum sont cependant plus élevés pour l'ibogaïne, cela est dû vraisemblablement à ce que le noyau quinoléique ou isoquinoléique est lié à d'autres groupements atomiques.

2° Les recherches chimiques sur la constitution de l'ibogaïne, dues à Raymond-Hamet, indiquent la présence dans la molécule de cet alcaloïde d'un noyau indolique ([5]).

Nous sommes donc ainsi amenés à comparer le spectre de l'ibogaïne à ceux de l'indol et du tryptophane. L'allure générale des trois courbes est la même, mais le spectre de l'ibogaïne est nettement décalé vers les grandes longueurs d'onde; l'intensité de l'absorption est plus grande que pour l'indol en particulier. Le spectre de l'indol ne conditionne donc pas essentiellement celui de l'ibogaïne. Si un noyau indolique entre dans la constitution moléculaire de cet alcaloïde, son rôle est minime. En effet, si son influence se manifestait efficacement, en même temps que celle d'un autre chromophore, en l'espèce le noyau quinoléique ou isoquinoléique, nous aurions probablement un spectre intermédiaire, comme c'est le cas pour l'yohimbine.

L'influence spectrale du noyau indolique n'apparaît pas, parce que celui-ci est associé au reste de la molécule totale, de telle façon que certaines de ses propriétés sont masquées. D'ailleurs nous avons remarqué que la réaction d'Hopkins et Cole donnée par l'ibogaïne est loin d'être instantanée; elle ne se produit qu'au bout de 20 heures; le chauffage ne l'accélère pas. Ceci serait donc un argument supplémentaire en faveur d'une liaison complexe du noyau

---

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **9**, 1942, p. 620.

indolique aux autres groupements atomiques existant dans la molécule d'ibogaïne.

Nous conclurons donc que, le spectre d'absorption U. V. de l'ibogaïne cristallisée étant conditionné essentiellement par celui de la quinoléine, on peut émettre l'hypothèse de l'existence, dans la molécule d'ibogaïne, d'un noyau quinoléique ou isoquinoléique; cela reste à confirmer par voie chimique. Quant au noyau indolique, dont la présence paraît indiquée par des réactions chimiques, il n'intervient vraisemblablement dans l'absorption de l'ibogaïne qu'en produisant seulement une augmentation de l'intensité de cette absorption; il ne joue donc dans le phénomène total qu'un rôle très accessoire. Ce fait se rencontre fréquemment lorsqu'il s'agit d'alcaloïdes dont la molécule est formée de la réunion de deux fragments aromatiques plus ou moins volumineux : le spectre ne représente pas la somme des constituants, mais est déterminé essentiellement par l'un d'eux.

A $16^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

L. B.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1943.

*Les ultravirus des maladies animales*, par Constantin Levaditi, P. Lépine et J. Verge, en collaboration avec J. Bailly, L. Balozet, G. Blanc, P. Bonèt-Maury, A. Boquet, J. Bridré, G. Curasson, A. Donatien, E. Dujardin-Beaumetz, G.-M. Findlay, P. Goret, P. Grabar, M. Guérin, M. Guillot, H. Jacotot, J. Lafforet, F. Lestoquard, J. Levaditi, Ch. Oberling, A. Paillot, A. Staub, A. Urbain, H. Velu, J. Vieuchange. Paris, Librairie Maloine, 1943; 1 vol. $24^{cm}$,5.

*Arthur de Bretagne*, par Claude Bernard. Deuxième édition publiée par Jean-Marie Le Goff. Paris, J.-B. Baillère et fils, 1943; 1 vol. $23^{cm}$ (présenté par M. L. Guillet).

Bibliothèque de philosophie scientifique. *Les grands problèmes de la métallurgie moderne*, par Léon Guillet. Paris, Flammarion, 1943; 1 vol. $19^{cm}$.

*Les fondements biologiques de la géographie humaine. Essai d'une écologie de l'Homme*, par Max Sorre. Paris, Librairie Armand Colin, 1943; 1 vol. $25^{cm}$,5 (présenté par M. E. de Martonne).

*Analyse des vins*, par Paul Jaulmes. Montpellier, Librairie Coulet, Dubois et Poulain; 1 vol. $22^{cm}$.

Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle. Nouvelle série, Tome XVII, Fascicule unique (*Texte* et *Atlas*). *Géographie physique et géologie du Cameroun occidental*, par Bernard Gèze. Paris, Éditions du Muséum, 1943; 2 vol. $27^{cm}$,5.

*Arago*, par Maurice Daumas. Paris, Gallimard, 1943; 1 vol. $20^{cm}$,5.

Observatoire Jarry-Desloges. Sétif. *Observations des Surfaces planétaires Mars-La Lune-Jupiter.* Fascicule IX. Année 1924. Abbeville, Imprimerie F. Paillart, 1942; 1 vol. 25$^{cm}$.

Service hydrographique de la Marine. *Les bases astronomiques de la formule harmonique utilisée pour le calcul des marées.* Traduit du Mémoire de WALTER HORN. Publié dans *Archiv der Deutschen Seewarte und des Marine observatoriums.* Vol. 61, n° 8. Imprimerie S. E. M., 1943; 1 fasc. 24$^{cm}$.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1943.

*Positions aréographiques pour l'année* 1924. *Chenaux sombres des « mers » martiennes,* par G. FOURNIER. Extrait des *Observations des Surfaces planétaires,* fasc. IX, année 1924. Abbeville, F. Paillart, 1942; 1 brochure 25$^{cm}$.

Comité National français de géodésie et géophysique. Section d'hydrologie scientifique. *Instructions hydrologiques destinées aux Ingénieurs et Agents des Services publics et des entreprises privées, aux Géologues, Hygiénistes, Explorateurs, Colons, etc.* Paris, 1940; 1 vol. 21$^{cm}$.

Union géodésique et géophysique internationale. Comité National français. Section d'hydrologie scientifique. *Commission du bassin de la Seine.* Cahier n° 1. *Le maximum annuel de la Seine à Paris,* par VLADIMIR FROLOW. Paris, 1941.

*Hydraulique générale.* Tome II, par LÉOPOLD ESCANDE. Préface de M. Ch. CAMICHEL. Toulouse, Édouard Privat, 1943. 1 vol 24$^{cm}$ (présenté par M. Ch. Camichel).

Institut de mécanique de la Faculté des Sciences de Paris. *Leçons sur les fluides visqueux,* par HENRI VILLAT. Recueillies et rédigées par JULIEN KRAVTCHENKO. Paris, Gauthier-Villars, 1943; 1 vol. 25$^{cm}$.

*Le hasard et les nombres premiers,* par PIERRE POIRIER. Paris, Gauthier-Villars, 1943; 1 fasc. 24$^{cm}$.

Société des Amis d'André-Marie Ampère. *Correspondance du Grand Ampère,* publiée par LOUIS DE LAUNAY. Volume III. Paris, Librairie-Imprimerie Gauthier-Villars, 1943; 1 vol. 24$^{cm}$ (présenté par M. Ch. Fabry).

*Manuel de paléontologie végétale,* par LÉON MORET. Paris, Masson et C$^{ie}$, 1943; 1 vol. 25$^{cm}$,5 (présenté par M. Ch. Jacob).

*Manuel de paléontologie animale,* par LÉON MORET. Paris, Masson et C$^{ie}$, 1943; 1 vol. 25$^{cm}$,5 (présenté par M. Ch. Jacob).

*Géologie stratigraphique,* par MAURICE GIGNOUX. Paris, Masson et C$^{ie}$, 1943; 1 vol. 25$^{cm}$,5.

*Questions actuelles de géophysique théorique et appliquée,* par EDMOND ROTHÉ. Paris, Gauthier-Villars, 1943; 1 vol. 25$^{cm}$ (présenté par M. Ch. Maurain).

*Faune de l'Empire français.* I. *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord,* par LUCIEN CHOPARD. Paris, Librairie Larose, 1943; 1 vol. 28$^{cm}$,5.

*Bôdas de Oiro cientificas de Antonio Cabreira e VII Centenário da Tomada de Tavira. Dupla celebração pelo Instituto Antonio Cabreira.* Lisboa, 1942; 1 vol. 26$^{cm}$.

Ministère de la production industrielle et des communications. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. *Introduction à l'étude mécanique des déformations de l'écorce terrestre,* par JEAN GOGUEL. Paris, Imprimerie nationale, 1943; 1 vol. 32$^{cm}$,5 (présenté par M. Ch. Jacob).

FIN DU TOME DEUX-CENT-SEIZIÈME.

# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

# TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1943.

## TABLE DES MATIÈRES DU TOME 216.

### I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

### A

## B

## C

## D

## E

## F

## G

## H

## I

N



O

# P

## Q



## R

## S

## T

## U



## V



## Z



# II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

## A

## B



## C

## D



## E



## F



## H



## M

## N



## O

# TABLE DES AUTEURS.

## A



## B

## D

## E

## F

## G

## H



## I

## J

## K



## L

## M

## N



## O



## P

## Q



## R

## S

# T

123022 Paris. — Imp. GAUTHIER-VILLARS, 55, quai des Grands-Augustins.